



TUGAS AKHIR - MO141326

PENGARUH KONFIGURASI TERUMBU BUATAN  
BENTUK HEXAGONAL PADA TRANSMISI  
GELOMBANG

ARIS WINARTO  
NRP. 4312 100 019

Dosen Pembimbing :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D

Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST, M.Sc

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017



UNDERGRADUATE THESES - MO141326

EFFECT OF HEXAGONAL ARTIFICIAL REEF  
CONFIGURATION ON WAVE TRANSMISSION

ARIS WINARTO  
NRP. 4312 100 019

SUPERVISORS :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D  
Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST, M.Sc

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

20

**PENGARUH KONFIGURASI TERUMBU BUATAN BENTUK  
HEXAGONAL PADA TRANSMISI GELOMBANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**ARIS WINARTO**

**NRP. 4312100019**

Disetujui Oleh :

1. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D (Pembimbing 1)

2. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc (Pembimbing 2)

3. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng (Penguji 1)

4. Drs. Mahmud Mustain, M.Sc., Ph.D (Penguji 2)

5. Sujantoko, S.T., M.T. (Penguji 3)

**Surabaya, Januari 2017**

*(halaman sengaja dikosongkan)*

# **PENGARUH KONFIGURASI TERUMBU BUATAN BENTUK HEXAGONAL TERHADAP TRANSMISI GELOMBANG**

**Nama** : Aris Winarto  
**NRP** : 4312100019  
**Pembimbing** : Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., Ph.D  
Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST, MSc

## **ABSTRAK**

Terumbu karang buatan (*artificial reef*) merupakan salah satu cara untuk merehabilitasi kerusakan terumbu karang alami. *Artificial reef* berfungsi sebagai habitat baru bagi biota laut dan juga sekaligus dapat berfungsi untuk melindungi pantai dengan meredam energi gelombang tanpa mengurangi estetika pantai yang dilindungi (*submerged breakwater*). Sebagai pemecah gelombang terumbu buatan perlu diketahui sejauh mana tingkat efektifitas dalam meredam gelombang. Akhir-akhir ini berkembang banyak bentuk dari terumbu buatan guna mendapatkan peredam yang lebih baik. Dalam penelitian ini diusulkan bentuk baru yaitu bentuk hexagonal yang kemudian di uji pengaruh konfigurasi terhadap nilai koefisien transmisi. Pengujian dilakukan di laboratorium *wave flum* jurusan teknik kelautan ITS. Data hasil pengujian di olah dan disajikan dalam bentuk grafik. Dari hasil analisa data menunjukkan bahwa : (1) Koefisin transmisi meningkat dengan berkurangnya *wave steepness*, sebaliknya koefisien transmisi menurun dengan meningkatnya *wave steepness*, (2) Konfigurasi dengan lebar puncak 1 m dan tinggi struktur 0,2 m (B2) menghasilkan nilai koefisien transmisi paling kecil daripada konfigurasi lainnya, yaitu kofisien transmisi terkecil gelombang reguler 0,53 dan 0,63 untuk gelombang irreguler, (3) Energi terbesar yang berhasil direduksi pada konfigurasi B2 yaitu 74,27 % untuk gelombang irreguler dan 83,26 % untuk gelombang reguler, (4) *Hexareef* menghasilkan nilai koefisien transmisi lebih kecil daripada bentuk silinder dan kubus pada rentang nilai *wave steepness* 0,003 – 0,005.

**Kata kunci:** *Submerged breakwater, Hexareef, koefisien transmisi*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **EFFECT OF HEXAGONAL ARTIFICIAL REEF CONFIGURATION ON WAVE TRANSMISSION**

**Nama : Aris Winarto**

**NRP : 4312100019**

**Pembimbing : Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., Ph.D  
Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST, MSc**

### **ABSTRACT**

Artificial reefs is one way to rehabilitate the natural coral reef damage. Artificial reef serves as new habitat for marine life and simultaneously protect the coast by reducing wave energy without compromising the aesthetics of the beach protected. As an artificial reef can serves as submerged breakwaters, the extent to which the level of effectiveness in reducing wave need to be investigated. The new form hexagonal shape artificial reef is proposed then tested based on the transmission coefficient value. The tests for various configuration of hexagonal reef in 1:10 scale were conducted in the wave Flume in Department Ocean Engineering ITS. The result of tests were presented in the graphical form and showed that: (1) Transmission coefficient increases with decreasing wave steepness, otherwise the transmission coefficient decreases with increasing wave steepness, (2) Configuration of 1 meter crest width of artificial reef with 0.2 meters of height (B2) produce transmission coefficient value smaller than others. The smallest wave transmission coefficient for regular wave is 0.53 and 0.63 for irregular wave (3) Energy successfully reduced at the largest for B2 configuration; 74.27% for the wave irregular and 83.26% for regular wave (4) Hexareef has smaller coefficient transmission than cylinder and cube artificial reef in range of wave steepness of 0.003 to 0.005.

**Keywords:** *Submerged breakwater, Hexareef, koefisien transmisi*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas limpahan hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Hexagonal Pada Transmisi Gelombang" dengan lancar.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan penting dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) penulis di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan baik yang sengaja maupun tidaksengaja. Maka dari itu penulis mengharapkan adanya saran dan masukan yang membangun untuk Tugas Akhir ini ataupun untuk penelitian selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang teknik pelabuhan.

Surabaya, 1 Januari 2017

Penulis

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam mengerjakan penelitian dan penulisan laporan untuk Tugas Akhir ini ada berbagai pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan untuk penulis. Maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan motivasi, biaya dan doa dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Haryo Dwito A, S.T., M.Eng.,Ph.D, selaku Dosen Pembimbing 1 yang berkenan meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam penyelesaian masa studi dan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST, MSc., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah berkenan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., selaku kepala lab. flum tank yang berkenan memberikan izin penggunaan laboratorium
6. Bapak Arif Mochtar, selaku teknisi lab flume tank yang berkenan meluangkan waktunya untuk membantu proses running.
7. Teman-teman kos yusef dan rendri yang banyak membantu pembuatan model dan penyemangat bagi penulis saat pengerjaan Tugas Akhir
8. Teman-teman seperjuangan (Tim Hore) Fiqhi, Saiful, Haris yang banyak membantu dalam eksperimen maupun penulisan Tugas Akhir.
9. Teman-teman “Peneliti Muda LPPM” Fajar, Bob, Galuh, Fiqhi, Ucup, Anwur, Vito, yang telah menjadi penyemangat saat mengerjakan Tugas Akhir.
10. Keluarga Besar Angkatan 2012 Teknik Kelautan FTK-ITS (VARUNA) atas kebersamaan, kekeluargaan dan petualangan-petualangannya yang telah dilalui bersama. Dalam suka duka cita. Terima kasih banyak.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## Daftar Isi

ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
UCAPAN TERIMA KASIH .....	xi
Daftar Isi .....	xiii
Daftar Gambar .....	xvii
<i>(halaman ini sengaja dikosongkan)</i> .....	xviii
Daftar Tabel .....	xix
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
1.6 Sistematika Laporan .....	4
BAB II .....	7
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Dasar Teori .....	9
2.2.1 Gelombang .....	9
2.2.1.1 Klasifikasi Gelombang Berdasarkan Kedalaman Relatif .....	10
2.2.1.2 Beberapa Definisi Gelombang .....	11
2.2.2 Gelombang Acak .....	12
2.2.3 Spektrum Gelombang JONSWAP .....	14
2.2.4 Transmisi Gelombang .....	14
2.2.5 Energi dan Tenaga Gelombang .....	15

2.2.6 Pemodelan Fisik .....	18
2.2.6.1 Sebangun Geometrik .....	19
2.2.6.2 Sebangun Kinematik .....	20
2.2.6.3 Sebangun Dinamik .....	21
2.2.6.4 Kelebihan Pemodelan Fisik .....	21
2.2.6.5 Kerugian Pemodelan Fisik .....	22
2.2.7 Kalibrasi dan Verifikasi .....	22
BAB III .....	23
METODOLOGI PENELITIAN .....	23
3.1 Metode Penelitian .....	23
3.2 Prosedur penelitian .....	23
3.2.1 Studi Literatur .....	24
3.2.2 Persiapan Percobaan .....	24
3.2.3 Penyusunan Konfigurasi Model .....	30
3.2.4 Pelaksanaan Percobaan .....	32
3.2.5 Pengukuran .....	32
3.2.6 Analisa Hasil .....	32
3.2.7 Kesimpulan .....	32
BAB IV .....	33
ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	33
4.1 Analisa Dimensi .....	33
4.2 Percobaan .....	34
4.3 Analisa Data .....	35
4.3.1 Kalibrasi Wave Probe .....	35
4.3.2 Pengolahan Data .....	36
4.3.3 Gelombang Tercatat .....	37
4.3.4 Perhitungan .....	38

4.3.4.1 Panjang Gelombang .....	38
4.3.4.2 Perhitungan Eenergi Gelombang .....	38
4.3.4.3 Perhitungan Koefisien Transmisi .....	39
4.4.5 Peubah Pengujian Transmisi Gelombang .....	41
4.3.6 Uji Transmisi Gelombang Irreguler .....	42
4.3.6.1 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan <i>wave steepness</i> .....	42
4.3.6.2 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Lebar Relatif .....	43
4.3.6.3 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Tinggi Susunan ...	45
4.3.6.4 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Lebar Susunan ....	47
4.3.7 Uji Transmisi Gelombang Reguler .....	48
4.3.7.1 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan <i>wave steepness</i> .....	48
4.3.7.2 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Lebar Relatif .....	49
4.3.7.3 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Tinggi Susunan ...	51
4.3.7.4 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Lebar Susunan ....	52
4.3.8 Perbandingan Antara Gelombang Irreguler Dengan Gelombang Reguler .....	53
4.4 Pembahasan .....	54
BAB V .....	59
PENUTUP .....	59
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## Daftar Gambar

Gambar 2.3 Gerak partikel air di laut dangkal, transisi dan dalam.....	10
Gambar 2.3 Definisi gelombang irregular (Bhattacharyya, 1972).....	13
Gambar 2.4 Kesebangunan geometrik ( <a href="http://www-mdp.eng.cam.ac.uk">http://www-mdp.eng.cam.ac.uk</a> ).....	19
Gambar 2.5 Kesebangunan kinematik ( <a href="http://www-mdp.eng.cam.ac.uk">http://www-mdp.eng.cam.ac.uk</a> ).....	20
Gambar 2.6 Kesebangunan dinamik ( <a href="http://www-mdp.eng.cam.ac.uk">http://www-mdp.eng.cam.ac.uk</a> ).....	21
Gambar 3.1 Diagram alir tugas akhir.....	23
Gambar 3.2 Kekerupaan geometri model; (a) prototype (b) model.....	25
Gambar 3.3 Flum tank tampak samping.....	26
Gambar 3.4 Flum tank tampak atas.....	26
Gambar 3.6 Fasilitas Komputasi.....	28
Gambar 3.7 <i>Wave Probe</i> yang Digunakan dalam Percobaan.....	28
Gambar 3.8 Pembangkit Gelombang pada <i>Flume Tank</i> .....	29
Gambar 3.10 Konfigurasi penyusunan; (a) konfigurasi B1 (b) konfigurasi B2...	31
Gambar 4.1 Grafik hasil kalibrasi.....	36
Gambar 4.2 Tampilan <i>software warelab</i> .....	37
Gambar 4.3 Hubungan transmisi dengan <i>wave steepnes</i> .....	42
Gambar 4.4 Hubungan transmisi dengan lebar relatif.....	44
Gambar 4.5 Hubungan transmisi terhadap rasio tinggi susunan A1 dan B1.....	45
Gambar 4.6 Hubungan transmisi terhadap rasio tinggi susunan A2 dan B2.....	46
Gambar 4.7 Hubungan transmisi terhadap rasio lebar susunan A1 dan B2.....	47
Gambar 4.8 Hubungan transmisi terhadap rasio lebar susunan A2 dan B1.....	47
Gambar 4.9 Hubungan transmisi dengan <i>wave steepnes</i> .....	48
Gambar 4.10 Hubungan transmisi dengan lebar relatif.....	50
Gambar 4.11 Hubungan transmisi terhadap rasio tinggi susunan A1 dan B1.....	51
Gambar 4.12 Hubungan transmisi terhadap rasio tinggi susunan A2 dan B2.....	51
Gambar 4.13 Hubungan transmisi terhadap rasio lebar susunan A1 dan B2.....	52
Gambar 4.14 Hubungan transmisi terhadap rasio lebar susunan A2 dan B1.....	52
Gambar 4.15 Hubungan transmisi terhadap <i>wave steepness</i> gelombang irregular	53
Gambar 4.16 Hubungan transmisi terhadap <i>wave steepness</i> gelombang reguler .	54
Gambar 4.17 Perbandingan pengaruh <i>wave steepness</i> terhadap Kt Hexareef (Winarto, 2016), bottlereef (Abrori, 2009) dan Kubus (Sudoto, 2008).....	56

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## Daftar Tabel

Tabel 2.1. Klasifikasi gelombang menurut teori gelombang linier.....	11
Tabel 3.1 Konfigurasi model.....	30
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian.....	30
Tabel 4.1 Dimensi variabel .....	33
Tabel 4.2 Daftar pengujian.....	34
Tabel 4.4 Tampilan hasil refana.....	36
Tabel 4.5 Tinggi gelombang tercatat .....	38
Tabel 4.6 Hasil perhitungan Energi dan Kt Konfigurasi A1.....	39
Tabel 4.7 Hasil perhitungan Energi dan Kt Konfigurasi A2.....	40
Tabel 4.8 Hasil perhitungan Energi dan Kt Konfigurasi B1 .....	40
Tabel 4.9 Hasil perhitungan Energi dan Kt Konfigurasi B2.....	41
Tabel 4.10 Beberapa peubah dalam analisa regresi pengujian transmisi gelombang .....	42

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seringkali dalam pembangunan suatu daerah erat kaitannya dengan pemanfaatan dan pengurangan daya dukung dari daerah tersebut. Hal ini berdampak pula pada perubahan wilayah di daerah pantai. Kawasan pantai bersifat dinamis, artinya ruang pantai (bentuk dan lokasi) berubah dengan cepat sebagai reaksi terhadap proses alam dan aktivitas manusia (Solihuddin, 2010). Oleh sebab itu perkembangan mengenai daerah pantai perlu adanya suatu upaya dalam pengawasan yang berkelanjutan untuk menjaga daerah ini. Pada umumnya kerusakan pantai disebabkan karena tingginya gelombang yang sampai ke pantai yang biasanya hal ini diakibatkan oleh cuaca yang buruk, namun keadaan ini diperparah akibat rusaknya terumbu karang atau mangrove yang berfungsi sebagai peredam energi gelombang secara alami.

Rusaknya terumbu karang tersebut akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ikan dan beragam biota laut lainnya. Untuk itu diperlukan suatu upaya pelestarian agar kerusakan terumbu karang dapat dicegah. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah kerusakan terumbu karang tersebut diantaranya dengan transplantasi karang dan teknologi terumbu karang buatan (*artificial reef*).

Daerah pantai rentan untuk terjadinya perubahan akibat dari gelombang dan arus yang datang dari laut. Pengaruh sedimentasi yang cepat juga menyumbang perubahan besar dalam penampang garis pantai. Hal tersebut mengakibatkan suatu pantai dan daerah sekitarnya mengalami penurunan luasan (mundurnya garis pantai) maupun penambahan luasan (majunya garis pantai). Dampak buruk yang mempengaruhi perubahan garis pantai yang marak sekarang ini ditimbulkan oleh kurang perhatiannya semua kalangan masyarakat terhadap perencanaan pengelolaan kawasan pantai. Bahwasanya Sakka dkk. (2011) menyampaikan hal mengenai keperluan perencanaan pengelolaan kawasan pantai, diperlukan penelitian tentang perubahan garis pantai sehingga pembangunan yang dilakukan

tidak berdampak terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, diperlukan perencanaan struktur pelindung pantai yang memiliki tingkat keamanan yang tinggi dan bersifat ekonomis serta ramah lingkungan. Salah satu struktur pantai yang ramah lingkungan dan ekonomis yang dapat mereduksi energi gelombang adalah struktur peredam gelombang terbenam dari terumbu buatan bentuk hexagonal.

Secara konvensional terumbu karang buatan hanya berfungsi sebagai habitat baru tempat ikan mencari makan (*feeding ground*), tempat memijah, tempat berkembang biak (*spawning ground*) dan pembesaran (*nursery ground*) berbagai biota, tetapi terumbu karang buatan dapat juga digunakan sebagai peredam energi gelombang atau dikenal dengan istilah *artificial reef breakwater*, sehingga dapat melindungi daerah dibelakangnya tanpa mengurangi estetika pantai semula (Armono, 2004).

*Breakwater* merupakan bangunan penahan gelombang yang sangat efektif untuk digunakan sebagai pelindung pantai terhadap abrasi dan erosi pantai dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Pemecah gelombang pada umumnya yang digunakan sebagai peredam energi untuk perlindungan pantai (John B. Herbich, 2000) antara lain terdiri dari ;

- Submerged adalah pemecah gelombang dimana gelombang yang telah diredam diperkenankan untuk melimpas diatas konstruksi.
- Non Submerged adalah pemecah gelombang yang secara frontal ditabrak oleh gelombang pada konstruksi sehingga gelombang langsung pecah saat mengenai konstruksi.

Belakangan ini pemanfaatan terumbu buatan sebagai pemecah gelombang terbenam sudah banyak di terapkan di beberapa wilayah pantai dan terus mengalami perkembangan. Namun untuk memberikan dampak yang signifikan bagi wilayah pantai itu sendiri perlu adanya pengembangan bentuk atau desain. Desain dan kinerja dari terumbu buatan perlu dianalisis untuk mendapatkan informasi mengenai tingkat pereduksian atau pengurangan energi gelombang yang paling baik.

Bentuk terumbu karang terus mengalami modifikasi guna mendapatkan kesesuaian dan efisiensinya sebagai pemecah gelombang, salah satunya dilakukan

oleh Akhwady *et al.* (2012), bentuk model yang digunakan adalah adopsi dari bentuk model silinder dan bentuk model Turtle Reef sehingga muncul bentuk model baru yaitu Bottle Reef. Untuk selanjutnya akan dilakukan penelitian mengenai transmisi gelombang pada terumbu buatan bentuk hexagonal yang merupakan adopsi dari model *reef ball*.

Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai model baru tentang *submerged breakwater* yaitu terumbu buatan bentuk hexagonal (*hexareef*). Hexareef ini merupakan terumbu karang buatan yang berbentuk hexagonal yang selain fungsinya sebagai pertumbuhan terumbu karang baru juga sebagai *submerged breakwater*. Pada penelitian tugas akhir ini akan meneliti tentang energi yang tereduksi dan koefisien transmisi dari beberapa konfigurasi hexareef melalui pemodelan fisik.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa besar energi yang tereduksi akibat pengaruh konfigurasi terumbu buatan bentuk hexagonal ?
2. Berapa nilai koefisien transmisi yang terjadi akibat pengaruh konfigurasi terumbu buatan bentuk hexagonal ?
3. Konfigurasi mana yang memberikan nilai redaman dan koefisien transmisi yang paling baik dari konfigurasi terumbu buatan bentuk hexagonal tersebut ?
4. Bagaimana perbandingan terumbu buatan bentuk hexagonal dengan dengan bentuk lain ?

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan permasalahan yang diangkat tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui besar nilai energi yang hilang dari beberapa konfigurasi hexareef

2. Mengetahui besar nilai koefisien transmisi yang terjadi dari beberapa konfigurasi hexareef
3. Mengetahui konfigurasi yang paling baik untuk meredam gelombang berdasarkan nilai koefisien transmisi dan energi yang teredam
4. Mengetahui kinerja terumbu buatan bentuk hexagonal dibandingkan dengan bentuk lain.

#### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Dapat memberikan pengertian yang lebih penting tentang energi gelombang dan koefisien transmisi pada bangunan pelindung pantai terutama *submerged breakwater* bentuk hexagonal
2. Dapat memberikan informasi tentang peredam gelombang tipe *submerged breakwater* bentuk hexagonal
3. Dapat memberikan informasi tentang konfigurasi yang paling efisien mengenai pemasangan *submerged breakwater* bentuk hexagonal

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Variasi tinggi dan periode gelombang telah ditentukan.
2. Model yang digunakan adalah terumbu buatan bentuk hexagonal.
3. Arah sudut gelombang tegak lurus ( $90^\circ$ ) dengan model.
4. Gelombang yang digunakan adalah gelombang irreguler dan reguler
5. Dasar perairan model berupa rata dan kedap.
6. Tinggi elevasi muka air telah ditentukan.
7. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisa geometri dan kekuatan struktur.
8. Arus yang melewati struktur tidak dianalisa.
9. Pengaruh platform terhadap koefisien transmisi sangat kecil sehingga diabaikan.

#### **1.6 Sistematika Laporan**

Sistematika laporan yang digunakan di dalam penyusunan tugas akhir yaitu :



## **Bab I. Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan tentang mengapa perlunya dilakukan penelitian ini yang dibahas dalam latar belakang dan dibahas pula mengenai perumusan masalah, tujuan serta manfaat dilakukannya penelitian ini. Batasan masalah juga di bahas dalam bab ini supaya pembahasan masalahnya tidak terlalu luas. Selain itu untuk memudahkan pemahaman tentang laporan dari penelitian ini, maka akan dijelaskan pula sistematika dari penyusunan laporan.

## **Bab II. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori**

Bab ini menjelaskan dasar teori dan tinjauan pustaka yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada. Bagian ini berisi dasar teori yang digunakan sebagai landasan penyelesaian tugas akhir ini dan juga berisikan rumus-rumus serta kode yang digunakan.

## **Bab III. Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah secara terperinci dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

## **Bab IV. Analisa Data dan Pembahasan**

Bab ini menjelaskan tentang semua hasil analisa dari penelitian ini. Bab ini juga membahas tentang hasil pengolahan data yang nantinya akan menjawab tujuan dilakukannya penelitian ini.

## **Bab V. Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini berisi semua jawaban dari permasalahan yang ada dan saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Salah satu cara penanggulangan kerusakan pantai akibat tingginya gelombang yang sampai ke pantai yaitu dengan cara memasang terumbu buatan (*Artificial reefs*). Terumbu buatan ini semacam struktur bawah air yang meniru karakteristik terumbu alami dengan material tertentu seperti dari bahan balok beton, potongan kapal, perahu kayu, mobil bekas, dan ban bekas serta bambu. Terumbu buatan pada umumnya ditujukan sebagai tempat berlindung dan mencari makan dari habitat serta sebagai tempat pemijahan, dapat juga berfungsi untuk menahan gelombang, membaurkan dan mengurangi energi gelombang guna perlindungan pantai (Armono, 1999). Terumbu buatan biasanya ditempatkan pada daerah yang memerlukan pemulihan atau peningkatan lingkungan yang rusak dengan ditandai; (i) rendahnya produktifitas (ii) terumbu karang alami telah rusak dan (iii) area dimana diperlukan sebagai pembangkit gelombang kecil untuk kegiatan pariwisata (Armono, 2006).

Pengurangan energi gelombang yang mengenai pantai dapat dilakukan dengan pembuatan bangunan pemecah gelombang sejajar pantai (offshore breakwaters). Pemecah gelombang ini menirukan prinsip perlindungan alami oleh terumbu karang. Gelombang besar yang menghempas pantai ditahan dan dihancurkan sebelum garis pantai, sehingga ketika mencapai garis pantai energi gelombang berkurang. Perancangan pemecah gelombang tenggelam berarti menentukan tinggi gelombang transmisi dan refleksi yang diharapkan masih melewati puncak pemecah gelombang. Gelombang transmisi dapat disebabkan oleh gelombang overtopping dan run-up yang melewati struktur. Keadaan ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain lebar puncak struktur, kedalaman air di kaki struktur, kemiringan sisi bangunan, porositas dan diameter nominal dari unit lapis lindung. Apabila struktur pemecah gelombang permeabel, transmisi gelombang juga disebabkan oleh penetrasi gelombang melalui pori-pori struktur.

Kinerja peredam gelombang yakni dengan memperkecil gelombang transmisi yang banyak dipengaruhi oleh faktor bentuk, luas permukaan struktur geometri serta karakter gelombang yang bekerja CERC (1984). Akibat gesekan antar luas terumbu dengan gelombang akan menyebabkan hambatan aliran, sehingga energi gelombang akan berkurang. Dengan membuat rongga-rongga, aliran dapat mengalir melalui celah-celahnya sehingga gesekan antara gelombang dengan struktur menjadi lebih kecil dan tidak membahayakan struktur. Menurut Sidek, et al (2007), semakin besar rongga terumbu, maka koefisien transmisi ( $K_t$ ) juga menjadi lebih besar dan kehilangan energi menjadi lebih kecil. Karena bentuk silinder berlubang memungkinkan gelombang menembus struktur dan melepaskan energi dalam bentuk gelombang transmisi.

Beberapa aplikasi struktur pelindung pantai yang menggunakan rongga pada seawall dengan kaki berongga, caisson dengan pondasi batu, submerged porous breakwater dan rubble mound breakwater berhasil melindungi bagian dalam struktur dari serangan gelombang dengan cara mereduksi refleksi gelombang melalui kerapatan rongga-rongganya (Pan Lee et al., 2003; Chen, H.B et al., 2006). Dalam penelitian lain yang dilakukan Armono (2004), meneliti terumbu buatan bentuk kubah berlubang “HSAR” (Hemispherical submerged artificial reef) dan menyatakan bahwa dalam jumlah yang besar HSAR dapat efektif mereduksi energi gelombang. Selain itu terumbu butan bentuk kubah berlubang mempunyai kemampuan dapat menghasilkan pusaran-pusaran dan turbulensi yang mengutungkan dan menyediakan tempat perlindungan bagi ikan.

Akhwady rudi, et all (2013) meneliti tentang pengaruh gelombang reguler dan irreguler terhadap koefisien transmisi peredam gelombang ambang terbenam tipe silinder berongga (*bottle reef*) dan menyatakan bahwa hasil uji fisik yang dilakukan dengan menggunakan gelombang irreguler menghasilkan koefisien transmisi lebih rendah dibanding gelombang reguler. Kecenderungan transmisi yang dihasilkan dari gelombang tipe irreguler menghasilkan peningkatan dan penurunan secara teratur, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan

gelombang reguler menghasilkan perkembangan dan penurunan nilai transmisi yang tidak teratur.

Menurut Putra, AOP et all (2013) meneliti tentang pengaruh elevasi muka air laut pada koefisien transmisi dan refleksi *composite breakwater* menyatakan bahwa semakin rendah elevasi muka air lautnya maka semakin baik bagi *composite breakwater* untuk meredam gelombang

Thaha, dkk (2015) meneliti tentang pemecah gelombang tenggelam tipe blok beton berpori dan menyatakan bahwa parameter-parameter yang mempengaruhi refleksi, transmisi, dan disipasi gelombang pada pemecah gelombang adalah desain blok yang membuat pemecah gelombang lolos air, tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), periode gelombang ( $T$ ), panjang susunan blok ( $B/L$ ) dan kedalaman air ( $d-k$ ).

Untuk memprediksi gelombang transmisi pada *reef ball* dilakukan pendekatan konseptual dan pengujian sebanyak 300 kali untuk mendapatkan formula transmisi gelombang sehingga model ini bisa untuk aplikasi praktis Buchino, Mariano et all (2013).

Bentuk terumbu karang terus mengalami modifikasi guna mendapatkan kesesuaian dan efisiensinya sebagai pemecah gelombang, salah satunya dilakukan oleh Akhwady *et al.* (2012), bentuk model yang digunakan adalah adopsi dari bentuk model silinder dan bentuk model Turtle Reef sehingga muncul bentuk model baru yaitu Bottle Reef. Untuk selanjutnya akan dilakukan penelitian mengenai transmisi gelombang pada terumbu buatan bentuk hexagonal yang merupakan adopsi dari model *reef ball*.

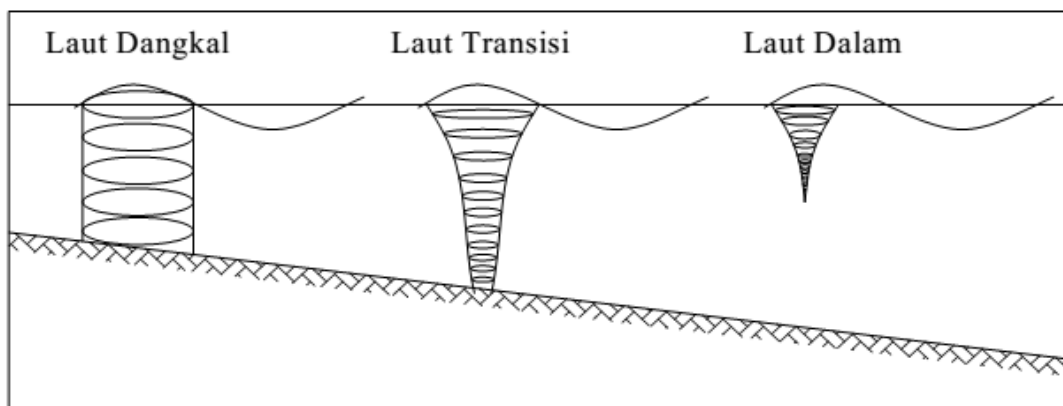
## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Gelombang**

Gelombang merupakan faktor penting dalam perencanaan pelabuhan dan bangunan pantai lainnya. Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada daya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama

matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak. Pada umumnya gelombang terjadi karena hembusan angin di permukaan air laut. Daerah di mana gelombang itu dibentuk disebut daerah pembangkitan gelombang (wave generating area). Gelombang yang terjadi di daerah pembangkitan disebut sea, sedangkan gelombang yang terbentuk di luar daerah pembangkitan disebut swell. Ketika gelombang menjalar, partikel air di permukaan bergerak dalam suatu lingkaran besar membentuk puncak gelombang pada puncak lingkarannya dan lembah pada lintasan terendah. Di bawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran yang makin kecil. Saat gelombang mendekati pantai, bagian bawah gelombang akan mulai bergesekan dengan dasar laut yang menyebabkan pecahnya gelombang dan terjadi putaran pada dasar laut yang dapat membawa material dari dasar pantai serta menyebabkan perubahan profil pantai

#### 2.2.1.1 Klasifikasi Gelombang Berdasarkan Kedalaman Relatif



Sumber : Triadmojo, 1999, hal 29

Gambar 2.3 Gerak partikel air di laut dangkal, transisi dan dalam

Pada umumnya bentuk gelombang sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidaklinieran, tiga dimensi dan bentuknya acak (random). Ada beberapa teori yang menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan dari alam. Teori yang sederhana adalah teori gelombang linier. Menurut teori gelombang linier, gelombang berdasarkan kedalaman relatifnya dibagi menjadi tiga yaitu deep water (gelombang di laut

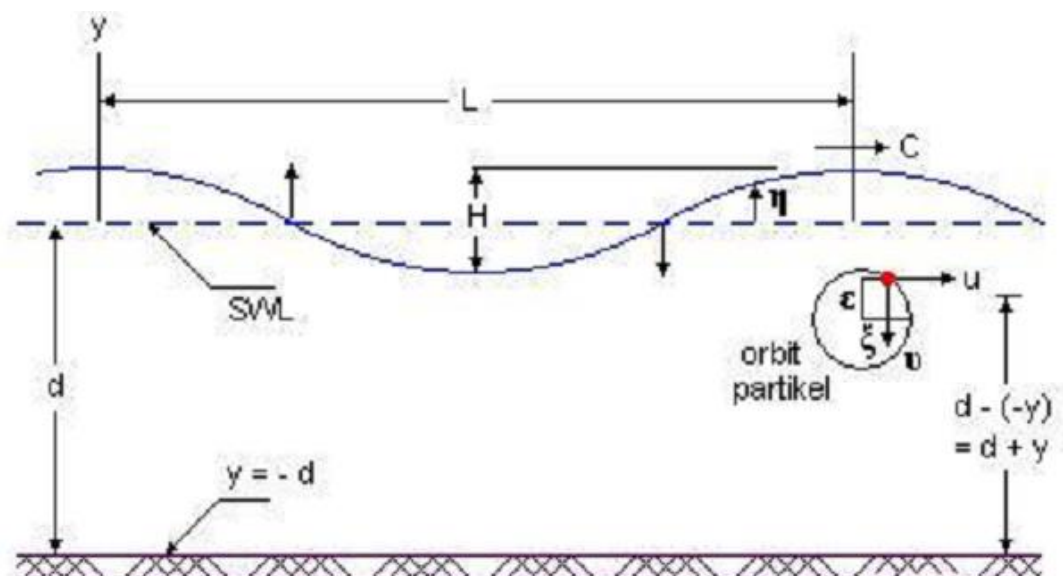
dangkal), transitional water(gelombang laut transisi), shallow water(gelombang di laut dalam). Klasifikasi dari gelombang ditunjukkan dalam Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1. Klasifikasi gelombang menurut teori gelombang linier.

Klasifikasi	$d/L$	$2\pi d/L$	$\tan h (2\pi d/L)$
Gelombang Laut Dalam	$>1/2$	$>\pi$	$\approx 1$
Gelombang Laut Transisi	$1/25 \leq d/L \leq 1/2$	$\pi/4 \leq 2\pi d/L \leq \pi$	$\tan h (2\pi d/L)$
Gelombang Laut Dangkal	$<1/25$	$<\pi/4$	$\approx 2\pi d/L$

Sumber : Yuwono, 1982, hal 5

### 2.2.1.2 Beberapa Definisi Gelombang



Sumber : Triatmodjo, 1999, hal 14

Gambar 2.2 Sket definisi gelombang

Gambar 2.2 menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat  $x$ - $y$  dimana gelombang menjalar pada arah sumbu  $x$ . Beberapa notasi yang digunakan adalah:

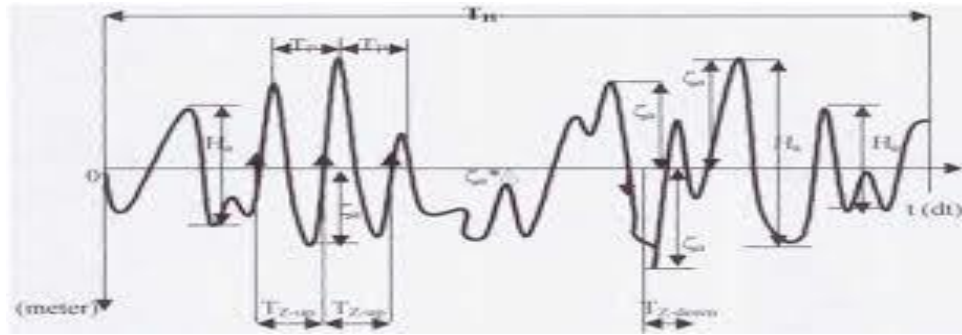
- $d$  : jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut).
- $\eta(x,t)$  : fluktuasi muka air terhadap muka air diam.
- $a$  : amplitudo gelombang.
- $H$  : tinggi gelombang.
- $L$  : panjang gelombang yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.
- $T$  : periode gelombang yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.
- $C$  : kecepatan rambat gelombang  $= L/T$ .
- $k$  : angka gelombang  $= 2\pi/L$ .
- $\sigma$  : frekuensi gelombang  $= 2\pi/T$ .

### 2.2.2 Gelombang Acak

Secara umum, gelombang di laut sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis diakibatkan oleh ketidaklinierannya, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang acak, dimana suatu deret gelombang memiliki tinggi dan periode yang berbeda. Menurut Bhattacharyya (1972), gelombang irregular memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Permukaan gelombang merupakan permukaan yang tidak beraturan
- Permukaan gelombang yang tidak beraturan selalu berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari tempat ke tempat, tergantung oleh kecepatan angin.
- Dari interval ke interval, pola atau bentuk gelombang irregular tidak pernah berulang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7 berikut ini:





Gambar 2.3 Definisi gelombang irregular (Bhattacharyya, 1972)

dimana:  $\gamma$  = elevasi gelombang  
 $\gamma_a$  = amplitud gelombang semu (*apparent wave amplitude*)  
 $H$  = tinggi gelombang semu (*apparent wave height*)  
 $T_r$  = periode lintas nol semu (*apparent zero crossing period*)  
 $T_c$  = periode semu (*apparent period*)

Gelombang irregular tidak dapat didefinisikan melalui pola atau bentuknya, namun menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya (Bhattacharya, 1972).

$$E_T = \sum E_i \quad (2.1)$$

atau:

$$E_T = \frac{1}{2} \rho g \sum \varepsilon_a i \quad (2.2)$$

dengan:  $E_T$  = energi total (joule/m)  
 $E_i$  = energi masing-masing gelombang sinusoidal (joule/m)  
 $\rho$  = densitas air laut ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )  
 $\varepsilon_a i$  = amplitudo gelombang (m)

Berdasarkan keterangan di atas, gelombang di laut dapat dinyatakan menurut distribusi energi terhadap frekuensi gelombang, panjang gelombang, dan periode gelombang. Distribusi energi gelombang menurut frekuensinya disebut spektrum gelombang.

### 2.2.3 Spektrum Gelombang JONSWAP

Spektrum parameter tunggal yang sering digunakan adalah Pierson-Moskowitz yang berdasarkan pada tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin. Untuk spektrum parameter ganda yang biasa digunakan adalah Bretschneider, Scott, ISSC. Spektra JONSWAP dikemukakan oleh Hasselmann, dkk (1973) berdasarkan percobaan yang dilakukan di North Sea. Formula atau persamaan untuk spektrum JONSWAP dapat ditulis dengan modifikasi dari persamaan P-M, yaitu :

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[ -125 \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[ \frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right]} \quad (2.3)$$

Dimana :

$\gamma$  : peak ednes parameter

$\tau$  : shape parameter

$\tau_a$  : untuk  $\omega \leq \omega_0$

$\tau_a$  : untuk  $\omega \geq \omega_0$

### 2.2.4 Transmisi Gelombang

Respon garis pantai terhadap keberadaan pemecah gelombang dikendalikan oleh sedikitnya 14 variabel (Hanson and Kraus, 1991) delapan diantaranya adalah variabel yang sangat berperan yaitu :

- (1) Jarak dari pantai
- (2) Panjang struktur
- (3) Karakteristik transmisi dari struktur
- (4) Kemiringan dasar pantai
- (5) Tinggi gelombang
- (6) Periode gelombang
- (7) Orientasi sudut dari struktur
- (8) Arah gelombang dominan.

Analisis transformasi gelombang pada pemecah gelombang dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai variabel non-dimensional dalam bentuk grafik. Proses transmisi gelombang didefinisikan sebagai  $K_t$ , yaitu rasio antara tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) atau akar dari energi gelombang transmisi ( $E_t$ ) dengan energi gelombang datang ( $E_i$ ).

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \left( \frac{E_t}{E_i} \right)^{1/2} \quad (2.4)$$

Dengan :

- $K_t$  : koefisien transmisi
- $H_i$  : tinggi gelombang datang (m)
- $H_t$  : tinggi gelombang transmisi (m)
- $E_i$  : energi gelombang datang (joule/m)
- $E_t$  : energi gelombang transmisi (joule/m)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien transmisi tergantung dari tinggi relative pemecah gelombang ( $h_c/H_i$ ) dan kecuraman gelombang (wave steepness,  $sp$ ). Efek tinggi gelombang datang, kemiringan sisi struktur, dan lebar puncak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya transmisi gelombang. Struktur dengan sisi lebih curam (sudut lebih besar), melewatkan gelombang lebih besar dibandingkan dengan sisi yang lebih landai, baik untuk kondisi puncak tenggelam maupun tidak. Secara fisik perbedaan ini dapat dijelaskan dengan efek gesekan dasar. Energi gelombang yang berjalan sepanjang slope akan terdisipasi melalui gesekan permukaan. Sisi yang landai mempunyai panjang yang lebih besar dibandingkan dengan sisi tegak, sehingga energi gelombang akan terdisipasi lebih besar yang menyebabkan transmisi gelombang menjadi lebih kecil.

### **2.2.5 Energi dan Tenaga Gelombang**

Energi total gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang.

Berikut besarnya energi yang bersumber dari buku Teknik Pantai Bambang Triatmodjo 1999.

Energi kinetik total adalah :

$$E_k = \int_0^L \int_{-d}^0 \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2) dy dx \quad (2.5)$$

Jika di substitusikan menjadi :

$$E_k = \frac{\rho}{2} \int_0^L \int_{-d}^0 \left[ \left[ \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sin kd} \cos(kx - \sigma t) \right]^2 + \left[ \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sin kd} \sin(kx - \sigma t) \right]^2 \right] dy dx \quad (2.6)$$

$$E_k = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (2.7)$$

Apabila energi potensial dari gelombang dikurangi dengan energi potensial dari massa air diam, akan didapat energi potensial yang disebabkan oleh gerak gelombang. Dengan menggunakan dasar laut sebagai bidang referensi, energi potensial yang ditimbulkan oleh satu panjang gelombang tiap satu satuan lebar puncak gelombang  $E_p$  adalah :

$$E_p = \int_0^L \rho g (d + \eta) \left( \frac{d + \eta}{2} \right) dx - \rho g L d \left( \frac{d}{2} \right) \quad (2.8)$$

$$\eta = a \cos(kx - \sigma t) \quad (2.9)$$

Substitusi diatas menjadi :

$$E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (2.10)$$

Jadi energi kinetik dan energi potensial adalah sama, dan energi total tiap satu satuan lebar adalah :

$$E = E_p + E_k = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (2.11)$$

Energi gelombang adalah berubah dari satu titik ke titik lain sepanjang satu panjang gelombang, dan energi rerata satu satuan luas adalah :

$$E = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (2.12)$$

Tenaga gelombang adalah energi gelombang tiap satu satuan waktu yang menjalar dalam arah penjaran gelombang. Untuk satu satuan lebar, tenaga gelombang rerata adalah :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \int_{-d}^0 (p + \rho g y) u dt dy \quad (2.13)$$

$$P = -\rho g y + \left( \frac{\rho g h}{2} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \sigma t) \quad (2.14)$$

$$U = \left( \frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) \quad (2.15)$$

Substitusi persamaan diatas menjadi :

$$P = \frac{E}{T} \left\{ \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) \right\} \text{ atau } P = \frac{nE}{T} = \frac{nEL}{T} \quad (2.16)$$

$$\text{Dengan : } n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) \quad (2.17)$$

Keterangan :

Ek : Energi kinetik total (Newton)

Ep : Energi potensial (Newton)

E : Energi total (Newton)

k : Angka gelombang ( $2\pi/L$ )

$\sigma$  : Frekuensi gelombang ( $2\pi/T$ )

$\eta$  : Fluktuasi muka air (m)

$\rho$  : Rapat massa air laut ( $\text{kg/m}^3$ )

g : Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

u : Kecepatan partikel horizontal (m/s)

v : Kecepatan partikel vertikal (m/s)

x : Jarak horizontal (m)

y : Jarak vertikal suatu titik ditinjau terhadap muka air diam (m)

P : Tekanan gelombang (N m/s)

H : Tinggi gelombang (m)

T : Periode gelombang (s)

L : Panjang gelombang (m)

t : Waktu (s)

### **2.2.6 Pemodelan Fisik**

Untuk menyelesaikan berbagai masalah yang menyangkut fenomena alam kadang-kadang tidak cukup hanya dengan mengandalkan hitungan matematis saja, dibutuhkan suatu penelitian yang dapat menirukan keadaan yang sebenarnya di lapangan. Untuk mengadopsi hal tersebut maka dulakukanlah uji model yang diharapkan bisa mewakili kondisi alam yang sebenarnya dilaboratorium. Studi model dilakukan dengan bantuan suatu model hidraulik. Ada beberapa macam model hidraulik salah satunya adalah model hidraulik fisik (Hydraulic scale model) yang selanjutnya disebut dengan model fisik. Model fisik dipilih dengan pertimbangan bahwa penyelesaian permasalahan yang ada hanya dapat dilakukan dengan cara mengamati secara langsung fenomena fisik yang dalam hal ini belum dapat diselesaikan dengan model matematika.

Dilaboratorium kondisi model bisa diatur dan dikontrol sesuai dengan yang dikehendaki. Pemindahan ke laboratorium ini tentunya harus memenuhi kesebangunan dan pertimbangan dimensi secara benar. Diharapkan bentuk model fisik yang dibuat bisa mewakili perilaku aslinya walaupun hanya dalam bentuk pendekatan. Pemindahan dilakukan kadang-kadang dengan menggunakan pengecilan ukuran (skala) sesuai dengan fasilitas laboratorium. Hal yang harus diperhatikan adalah adanya kesamaan parameter- parameter dominan antara model dengan prototip, agar perilaku model bisa diinterpretasikan kembali ke prototip.

Studi model dimaksudkan untuk meneruskan segala permasalahan yang ada diprototip ke suatu model yang dapat dibuat dan dikontrol di laboratorium. Tugas dan peranan model diantaranya adalah :

1. Untuk meramalkan kemungkinan yang akan terjadi setelah bangunan dibuat.
2. Untuk mendapatkan suatu tingkat keyakinan yang tinggi akan

keberhasilan suatu perencanaan bangunan.

3. Untuk mengetahui dan meramalkan penampilan bangunan serta pengaruhnya terhadap lingkungan.

Persoalan atau permasalahan yang ada pada perencanaan bangunan air yang tidak dapat dipecahkan dengan rumus-rumus yang ada, diharapkan dengan bantuan model hidrolis persoalan tersebut dapat diatasi. Pembuatan model untuk meneliti bangunan hidrolis harus memperhatikan proses fisik yang akan ditirukan, sehingga kejadian yang ada di model sebangun dengan yang ada di prototip. Untuk memenuhi ketentuan tersebut dan mendapatkan pemodelan yang baik diperlukan pemenuhan kriteria kesebangunan yang meliputi sebangun geometrik (panjang, lebar, tinggi) sebangun kinematik (kecepatan dan aliran) dan sebangun dinamik (berhubungan dengan arah dan besar vektor-vektor gaya yang bekerja).

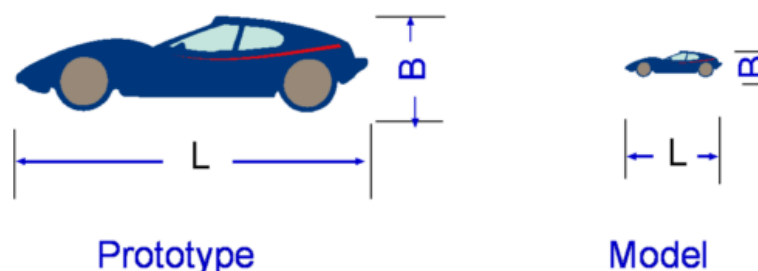
#### 2.2.6.1 Sebangun Geometrik

Model dikatakan sebangun geometrik, apabila model dan prototip mempunyai bentuk yang sama tetapi ukurannya berbeda. Hal ini berarti bahwa perbandingan antara semua ukuran panjang adalah sama. Skala panjang pada umumnya diberi notasi  $n_L$ :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (2.18)$$

Dengan :

- $n_L$  : Skala Panjang
- $L_p$  : Ukuran prototipe
- $L_m$  : Ukuran model



Gambar 2.4 Kesebangunan geometrik (<http://www-mdp.eng.cam.ac.uk>)

Kesebangunan geometrik terbagi dua yaitu :

a. Sebangun geometrik sempurna tanpa distorsi (*Undistorted*)

□ Skala panjang arah horizontal (skala panjang) sama dengan skala panjang arah vertikal (skala tinggi)

b. Sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*)

□ Skala panjang arah horizontal dan skala panjang arah vertikal tidak sama

### 2.2.6.2 Sebangun Kinematik

Skala kinematik dipenuhi jika sebangun geometrik aliran pada model dan prototip sebangun. Hal ini berarti bahwa kecepatan dan percepatan aliran dititik-titik yang sama pada model dan prototip dan mempunyai arah yang sama dan mempunyai perbandingan yang sama besar. Kesebangunan kinematik dapat didefinisikan dengan nilai-nilai sebagai berikut:

- Skala Waktu :

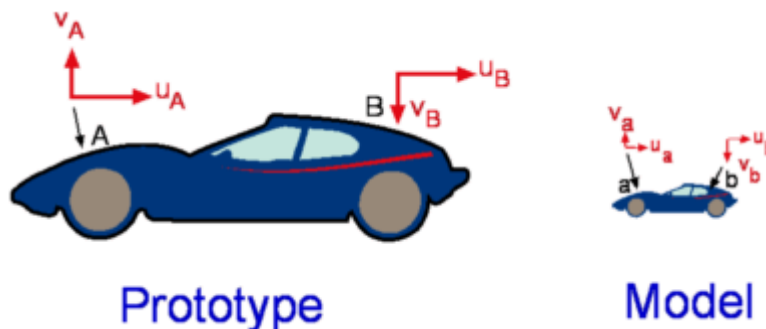
$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad (2.19)$$

- Skala Kecepatan

$$n_u = \frac{U_p}{U_m} = \frac{\frac{l_p}{T_p}}{\frac{l_m}{T_m}} = \frac{n_L}{n_T} \quad (2.20)$$

- Skala Percepatan

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{\frac{l_p}{T_p^2}}{\frac{l_m}{T_m^2}} = \frac{n_L}{n_T^2} \quad (2.21)$$

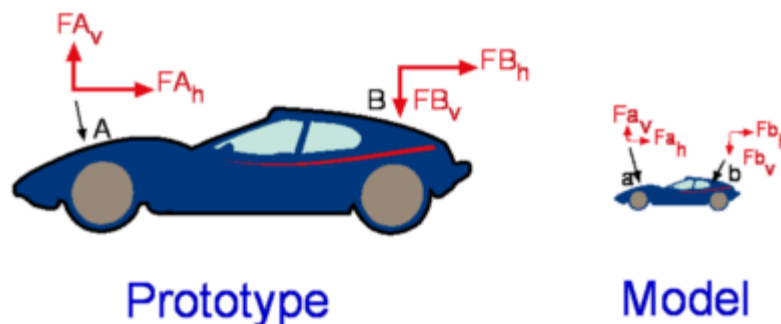


Gambar 2.5 Kesebangunan kinematik (<http://www-mdp.eng.cam.ac.uk>)



### 2.2.6.3 Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik dipenuhi jika model dan prototip sebangun geometrik dan kinematik dan perbandingan gaya-gaya yang bersangkutan pada model dan pada prototype untuk seluruh pengaliran yang bekerja pada arah yang sama adalah sama besar. Ukuran gaya di model dan prototype dipakai satu besaran yang disebut gaya inersia yang besarnya didapat dari persamaan  $F=m.a$ . Perbandingan antara gaya-gaya yang bekerja dengan gaya inersia memberikan nilai kesebangunan dinamik.



Gambar 2.6 Kesebangunan dinamik (<http://www-mdp.eng.cam.ac.uk>)

### 2.2.6.4 Kelebihan Pemodelan Fisik

Model fisik digunakan untuk memodelkan fenomena pantai yang dihasilkan dalam perhitungan analisa. Dean dan Dalrymple (1991), menyatakan terdapat dua keuntungan dari pemodelan fisik, yaitu :

1. Dalam pemodelan fisik, persamaan yang dipakai tanpa menyederhanakan asumsi yang biasanya digunakan untuk model analitis atau model numerik
2. Dari segi biaya untuk pengumpulan data, adanya model dalam skala kecil akan mempermudah pencatatan data dan pengurangan biaya, bila dibandingkan dengan pengumpulan data lapangan tentu lebih sulit dan mahal juga pengukuran data lapangan yang simultan sulit dicapai.

Keuntungan dari pemodelan fisik adalah adanya kebebasan dalam melakukan percobaan yang memungkinkan dibuat simulasi keadaan yang ada di alam yang sangat bervariasi. Penggunaan model fisik sampai saat ini masih merupakan alternatif metode terbaik untuk meneliti dan memverifikasi penyelesaian dalam bidang rekayasa teknik pantai.

#### **2.2.6.5 Kerugian Pemodelan Fisik**

Menurut Haughes (1993), pemodelan fisik juga terdapat kesalahan (error) yang mungkin terjadi, diantaranya :

1. Efek laboratorium yang dapat mempengaruhi proses simulasi secara keseluruhan harus dilakukan pendekatan yang sesuai dengan prototipenya.
2. Efek skala, terjadi karena pembuatan model yang terlalu kecil dari prototipenya, sehingga tidak mungkin memodelkan semua variabel yang relevan dalam hubungan yang benar satu sama lain.
3. Pemodelan fisik relatif mahal jika dibandingkan dengan model numerik.

Kurangnya fungsi gaya dan kondisi alam yang tidak ikut sertakan dalam pemodelan fisik, sebagai contoh : adanya gaya geser angin yang bekerja pada permukaan air yang dapat menyebabkan terjadinya arus didekat pantai, dan hal ini biasanya tidak dimodelkan dalam banyak model fisik, biasanya hanya dimodelkan pembangkit gaya saja.

#### **2.2.7 Kalibrasi dan Verifikasi**

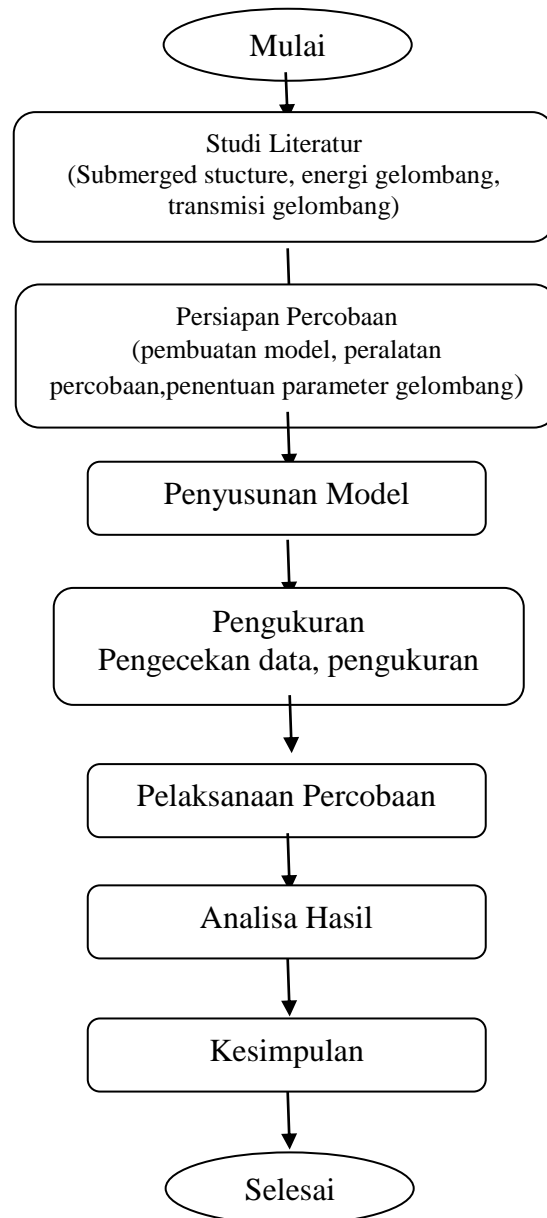
Kalibrasi adalah pengaturan model agar supaya data-data yang ada di prototip sesuai dengan yang ada di model. Setelah model memenuhi syarat kalibrasi lalu dilakukan pengecekan tahap yang disebut Verifikasi. Verifikasi adalah pembuktian bahwa model sudah sesuai dengan yang ada di prototype tanpa merubah atau mengatur model lagi. Untuk keperluan verifikasi diperlukan data seperti yang dipergunakan pada kalibrasi, tetapi pada kondisi yang lain, untuk sungai misalnya, data elevasi muka air pada debit yang lain (dengan menggunakan “*rating curve*”). “Kalibrasi” dan “Verifikasi” suatu model merupakan suatu keharusan, namun pada kasus tertentu kalibrasi dan verifikasi tidak dapat dilakukan mengingat barang yang ada pada prototype belum ada misalnya pada model bendung, pintu air, bangunan pelimpah.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan digambarkan dalam diagram alir pengerjaan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir tugas akhir

#### 3.2 Prosedur penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

### 3.2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini yang dilakukan adalah mengumpulkan referensi tentang topik penelitian (jurnal, tugas akhir, buku, dan referensi-referensi lainnya) yang akan dilakukan agar dapat mempunyai pemahaman lebih terhadap apa yang akan dilakukan pada penelitian nanti. Dari studi literatur ini dapat disusun suatu rancangan penelitian dan metode pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

### 3.2.2 Persiapan Percobaan

Pada tahap ini, hal yang akan dilakukan yaitu :

#### a. Perancangan model terumbu buatan bentuk hexagonal

Model terumbu buatan bentuk hexagonal dilakukan dengan prinsip keserupaan geometrik *undistorted*, dimana skala panjang arah horizontal (skala panjang) sama dengan skala panjang arah vertikal (skala tinggi). Berdasarkan pertimbangan fasilitas di laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan skala model 1 : 10. Berikut merupakan syarat sebangun geometrik dan dimensi dari model

Sebangun Geometrik

Geometric quantity if  $\alpha \neq 0, \beta = 0, \gamma = 0$

$$[=] L^{\alpha} T^{\beta} M^{\gamma}$$

Skala Panjang

$$nL = \frac{L_p}{L_m} \qquad nL = \frac{100}{10}$$

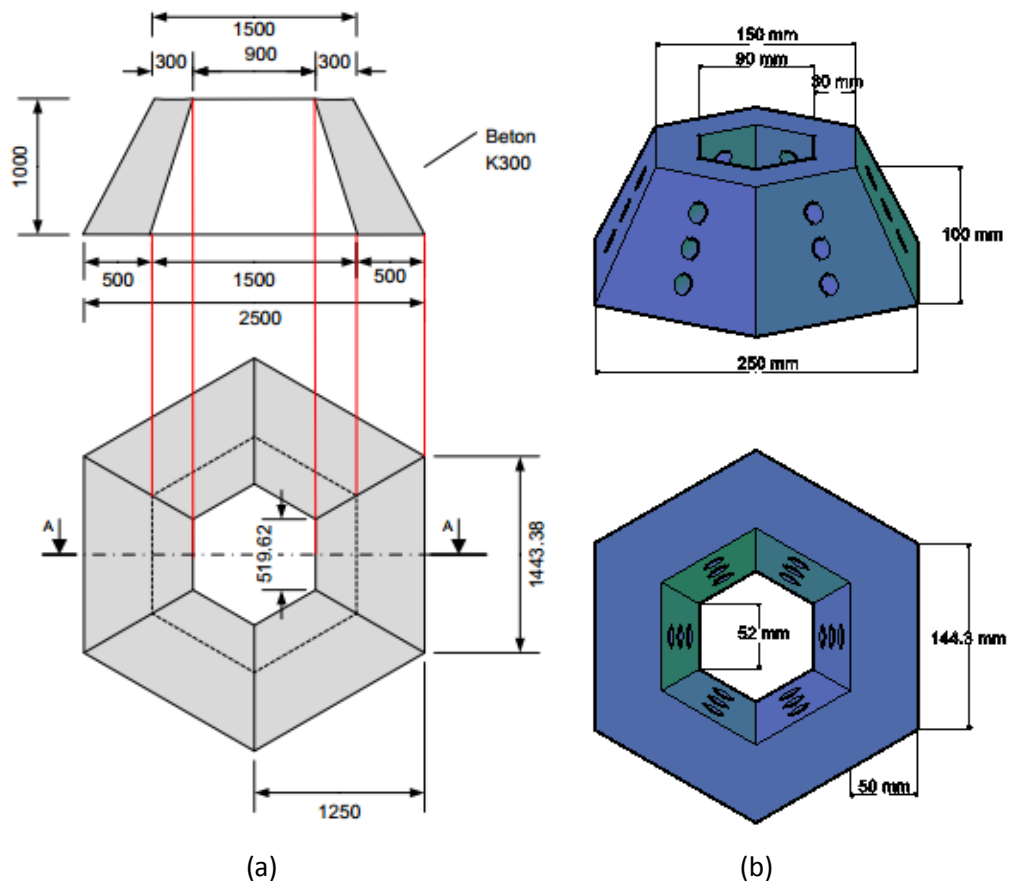
$$nL = 10$$

Dengan :

nL : Skala Panjang

Lp : Ukuran prototipe

Lm : Ukuran model



Gambar 3.2 Keserupaan geometri model; (a) prototype (b) model

Bentuk hexagonal reef ini diadopsi dari bentuk reef ball

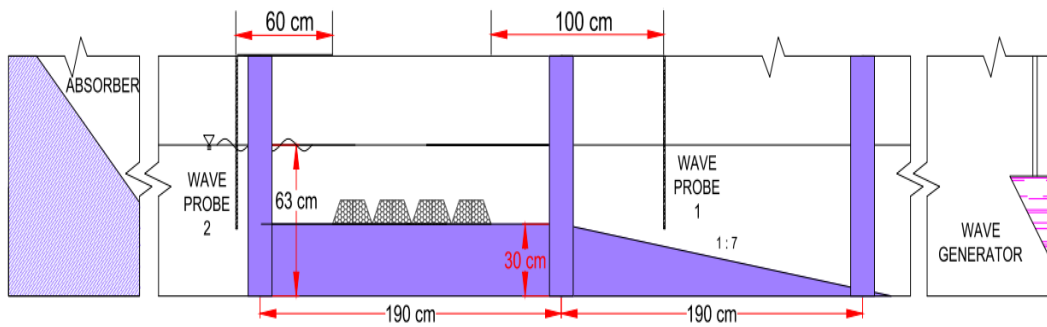
#### b. Persiapan Peralatan

Melakukan pengecekan pada peralatan laboratorium, seperti flume tank dan komputer. Persiapan ini termasuk pemasangan *wave probe*, pengecekan *wave generator*, *wave absorber* serta air yang ada di flume tank

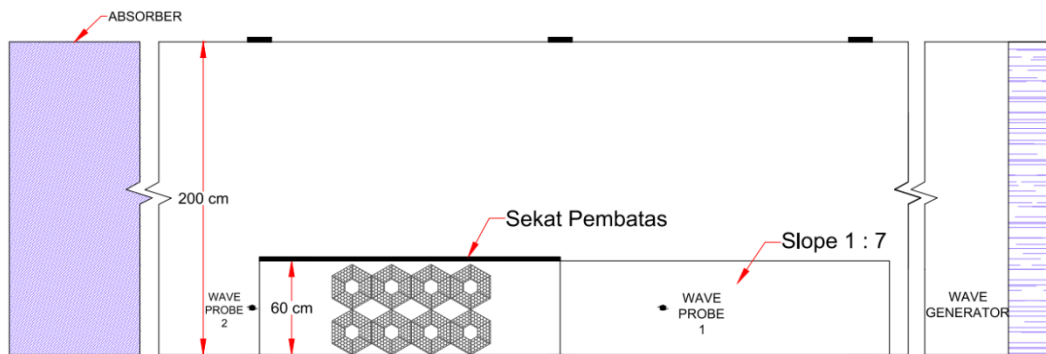
#### ➤ Fasilitas Kolam Gelombang

##### 1. Flum Tank

Pengujian transmisi gelombang pada tugas akhir ini wave tank di setting sedemikian rupa untuk menyesuaikan kondisi di alam. Berikut gambaran kolam gelombang saat pengujian :



Gambar 3.3 Flum tank tampak samping



Gambar 3.4 Flum tank tampak atas

Untuk ukuran dari kolam gelombang yang ada di Laboratorium Rekayasa Dasar Laut dan Bawah Air adalah sebagai berikut :

- Whole Body
  - Panjang : 20,3 m
  - Tinggi : 2,3 m
  - Lebar : 2,5 m
- Measuring Section
  - Panjang : 14 m
  - Tinggi : 1,5 m
  - Lebar : 2 m
  - Kedalaman air : 0,63 m

Lebar measuring section pada kolam gelombang disekat sepanjang 0,6 m untuk menghemat biaya dan memudahkan pengujian.

## 2. Fasilitas Kolam Gelombang

Laboratorium Rekayasa Dasar Laut dan Bawah air di Jurusan Teknik Kelautan ini difungsikan sebagai tempat melakukan percobaan fisik

mahasiswa yang sedang melakukan tugas akhir. Pengujian yang bisa dilakukan di laboratorium ini antara lain operational research, ocean enviromental and energy dan pengujian lainnya yang berhubungan dengan gelombang.

Adapun material dari side wall terbuat dari Toughned Glass and Mild Steel serta Floor and End Wall terbuat dari mild steel. Pembangkit gelombang yang ada adalah tipe plunger, sedangkan gelombang yang dibangkitkan dapat berupa gelombang reguler ataupun irreguler. Tinggi gelombang maksimum yang mampu dibangkitkan adalah 20 dengan periode antara 1 sampai 5 untuk gelombang reguler. Untuk gelombang irreg uler dapat dibuat spektrum gelombang baik itu JONSWAP, Pierson-Moskowitz, ISSC, ITTC yang berhubungan dengan software yang ada. Berikut merupakan spesifikasi lengkap flume tank dan fasilitas komputasi :



Gambar 3.5 Laboratorium *Wave Tank*  
(sumber: Doc. Lab Lingkungan & Energi Laut, T. Kelautan-ITS)

### 3. Fasilitas Komputasi

Spesifikasi mesin dan yang digunakan sebagai berikut :

- Type : Desk-top type
- CPU : Pentium (266MHz)
- RAM : 64 MB
- Hard Disk : 3 GB

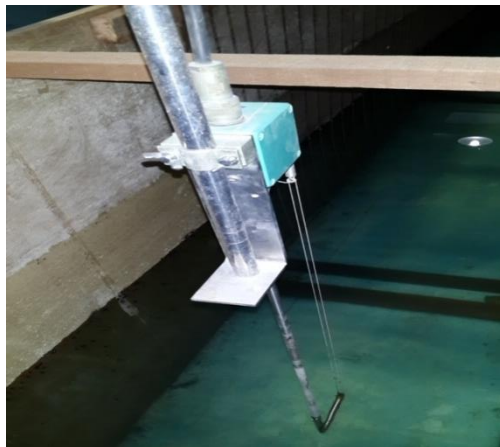
- CRT : 14 inch
- Expanded Slot : two
- CD-ROM Drive : one
- Floppy Disk Drive : 3,5 inch . 1,4 MB
- System Software : Windows 95, MS-DOS Version 6.2



Gambar 3.6 Fasilitas Komputasi

#### 4. Wave Probe

*Wave Probe* merupakan sensor yang berfungsi mencatat gelombang dan menampilkannya pada komputer. Dalam pengujian kali ini *wave probe* diletakkan 2 meter sebelum model dan 2 meter setelah model.



Gambar 3.7 *Wave Probe* yang Digunakan dalam Percobaan



Gambar 3.7 menunjukkan *wave probe* yang dipasang untuk digunakan dalam pencatatan gelombang. *Wave probe* yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 2 buah. Sebelum melakukan *running*, *wave probe* terlebih dahulu dikalibrasi untuk menjadi acuan dalam pencatatan semua hasil *running*. Hal ini disebabkan *wave probe* tidak selalu konstan dan stabil dalam pencatatan gelombang.

## 5. Pembangkit Gelombang

*Wave generator* atau pembangkit gelombang adalah alat yang difungsikan untuk membangkitkan atau membuat gelombang buatan. Pembangkit gelombang dinyalakan melalui *control panel* dan diatur ketinggian dan periode gelombangnya oleh computer kendali.



Gambar 3.8 Pembangkit Gelombang pada *Flume Tank*

Gambar 3.8 menunjukkan pembangkit gelombang dan *control panel*. Pembangkit gelombang pada *flume tank* dapat membangkitkan gelombang baik itu gelombang *regular* maupun *irregular*. Hal ini sangat membantu penelitian ini sehingga dapat didapatkan data untuk gelombang *regular* dan untuk gelombang *irregular* dari model yang diuji.

### c. Penentuan Parameter gelombang

Menentukan parameter gelombang yang akan di masukkan sebagai input dan yang akan dianalisa sebagai hasil dari percobaan. Parameter yang digunakan, yaitu :

- Tinggi gelombang (H)
- Periode gelombang (T)

- Elevasi muka air (d)
- Tinggi struktur (h)

d. Kalibrasi Laboratorium

Dalam hal ini perlu dilakukan pengecekan dan kalibrasi dari laboratorium yang akan digunakan supaya tidak terjadi kesalahan dan hasil yang didapatkan bisa mewakili keadaan yang sebenarnya

### 3.2.3 Penyusunan Konfigurasi Model

Pada tahap ini model akan disusun berdasarkan konfigurasi dan variasi muka air yang akan diteliti. Konfigurasi model yang sudah disusun nantinya akan diuji dengan variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T). Berikut merupakan gambar dari penyusunan konfigurasi terumbu buatan bentu hexagonal

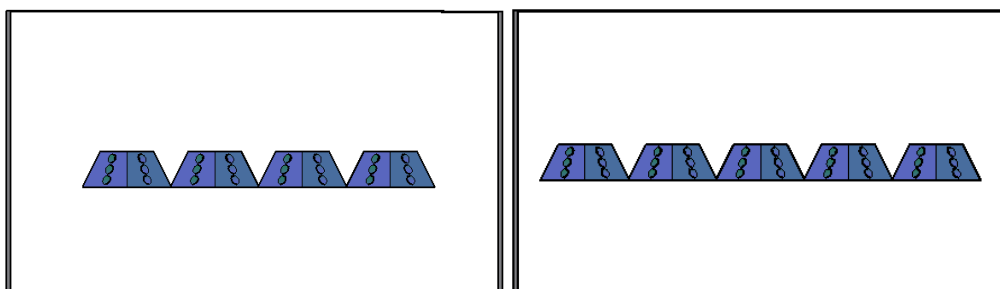
Tabel 3.1 Konfigurasi model

Susunan	Kode Konfigurasi	Freeboard (m)	Lebar Puncak (m)	Tinggi Struktur (m)
		(F)	(B)	h
1	A1	0,28	1	0,1
2	A2	0,18	1,25	0,2
3	B1	0,28	0,75	0,1
4	B2	0,18	1	0,2

Tabel 3.2 Rancangan Penelitian

No	Konfigurasi	Tipe Gelombang	Tinggi Gelombang (m)	Periode (second)	Durasi (Second)
			(H)	(T)	
1	A1	Irregular	0,04	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300
		Irregular	0,05	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300
		Irregular	0,06	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300
2	A2	Irregular	0,04	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300
		Irregular	0,05	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300
		Irregular	0,06	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300
3	B1	Irregular	0,04	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300
		Irregular	0,05	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300
		Irregular	0,06	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300

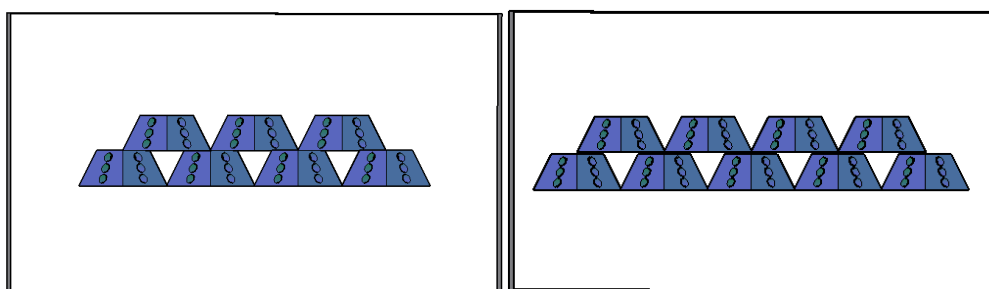
No	Konfigurasi	Tipe Gelombang	Tinggi	Periode	Durasi
			Gelombang (m)	(second)	(Second)
			(H)	(T)	
5	A1	Reguler	0,1	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
		Reguler	0,15	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
		Reguler	0,2	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
6	A2	Reguler	0,1	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
		Reguler	0,15	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
		Reguler	0,2	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
7	B1	Reguler	0,1	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
		Reguler	0,15	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
		Reguler	0,2	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
8	B2	Reguler	0,1	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
		Reguler	0,15	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150
		Reguler	0,2	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150



(a)

(b)

Gambar 3.9 Konfigurasi penyusunan ; (a) konfigurasi A1 (b) konfigurasi A2



(a)

(b)

Gambar 3.10 Konfigurasi penyusunan; (a) konfigurasi B1 (b) konfigurasi B2

### **3.2.4 Pelaksanaan Percobaan**

Setelah model disusun sesuai konfigurasi dan terpasang di laboratorium, maka pengujian bisa dilaksanakan sesuai dengan desain eksperimen model yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap variasi elevasi muka air dengan tinggi gelombang dan periode gelombang yang sama.

### **3.2.5 Pengukuran**

#### **a. Pengecekan Data**

Pengecekan ini dilakukan untuk memastikan bahwa data telah terekam dengan baik. Data – data tersebut antara lain : tinggi gelombang, periode gelombang dan lain-lain.

#### **b. Pengukuran**

Setelah tahap-tahap diatas sudah dilakukan, maka pengukuran dapat dimulai. Pengecekan pada data terekam harus dilakukan secara terus menerus, dengan melihat angka statistiknya. Dari data yang didapat dihitung tinggi gelombang baik gelombang datang ( $H_i$ ) maupun tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ).

### **3.2.6 Analisa Hasil**

Data hasil pengukuran akan diolah sesuai dengan rumus perhitungan pada dasar teori untuk memperoleh koefisien transmisi dan energi gelombang. Hasil perhitungan akan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel.

### **3.2.7 Kesimpulan**

Dari hasil analisa akan diperoleh nilai koefisien transmisi dan energi yang teredam dari masing-masing konfigurasi. Nilai tersebut akan dibandingkan dengan masing-masing konfigurasi dan akan diperoleh konfigurasi yang paling baik untuk peredam gelombang model hexagonal.

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Dimensi

Pada dasarnya analisa dimensi merupakan metode untuk mengurangi jumlah kerumitan variabel eksperimen yang mempengaruhi gejala fisik tertentu, dengan menggunakan semacam teknik peringkasan. Jika suatu gejala tergantung pada  $n$  variabel berdimensi, analisa dimensi akan menyederhanakan permasalahan tersebut sehingga hanya tergantung pada  $k$  variabel tak berdimensi (parameter). Jumlah parameter dalam suatu eksperimen dapat ditentukan dengan cara, jumlah variabel dikurangi jumlah dimensi yang ada. Untuk lebih jelas, berikut analisa dimensi pengujian transmisi gelombang dengan metode matriks.

- Menentukan Variabel percobaan

$$K_t = H_t/H_i = f(h, T, H_i, H_t, g, d, B, h, f, \mu, \rho)$$

Tabel 4.1 Dimensi variabel

Variabel	Dimensi	Keterangan
$K_t$		Koefisien transmisi
$H_t$	[ L ]	Tinggi gelombang transmisi
$H_i$	[ L ]	Tinggi gelombang datang
$f$	[ L ]	Freeboard
$d$	[ L ]	Kedalaman
$B$	[ L ]	Panjang konfigurasi
$h$	[ L ]	Tinggi Struktur
$T$	[ T ]	Periode
$\rho$	[ $ML^{-3}$ ]	Massa jenis
$G$	[ $LT^{-2}$ ]	Gravitasi

Metode Matriks

	$h$	$T$	$H_i$	$H_t$	$g$	$d$	$f$	$B$	$\rho$
L	1		1	1	1	1	1	1	-3
T		1			-2				
M									1

	h	g	$\rho$	d	B	f	Hi	Ht	T
L	1	1	-3	1	1	1	1	1	0
T	0	-2	0	0	0	0	0	0	1
M	0	0	1	0	0	0	0	0	0

				d	B	f	Hi	Ht	T
h	1	0,5	3	1	1	1	1	1	0,5
g	0	-0,5	0	0	0	0	0	0	-0,5
$\rho$	0	0	1	0	0	0	0	0	0

$$\frac{d}{h}, \frac{B}{h}, \frac{f}{h}, \frac{Hi}{h}, \frac{Ht}{h}, \frac{gT^2}{h}, = \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6$$

- Compounding  $\pi$

$$Kt = f\left(\frac{Hi}{gT^2}, \frac{B}{gT^2}, \frac{h}{d}, \frac{h}{B}\right)$$

## 4.2 Percobaan

Berikut ini merupakan tabel daftar pengujian model yang sudah dilakukan untuk gelombang reguler dan irreguler :

Tabel 4.2 Daftar pengujian

No	Konfigurasi	Tipe Gelombang	Tinggi Gelombang (m)	Periode (second)	Durasi (Second)	Cek List
			(H)	(T)		
1	A1	Irreguler	0,04	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
		Irreguler	0,05	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
		Irreguler	0,06	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
2	A2	Irreguler	0,04	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
		Irreguler	0,05	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
		Irreguler	0,06	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
3	B1	Irreguler	0,04	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
		Irreguler	0,05	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
		Irreguler	0,06	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
4	B2	Irreguler	0,04	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
		Irreguler	0,05	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√
		Irreguler	0,06	1,1 ; 1,3 ; 1,5	300	√√√

No	Konfigurasi	Tipe Gelombang	Tinggi Gelombang (m)	Periode (second)	Durasi (Second)	Cek List
			(H)	(T)		
5	A1	Reguler	0,1	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
		Reguler	0,15	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
		Reguler	0,2	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
6	A2	Reguler	0,1	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
		Reguler	0,15	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
		Reguler	0,2	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
7	B1	Reguler	0,1	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
		Reguler	0,15	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
		Reguler	0,2	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
8	B2	Reguler	0,1	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
		Reguler	0,15	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√
		Reguler	0,2	1,1 ; 1,3 ; 1,5	150	√√√

### 4.3 Analisa Data

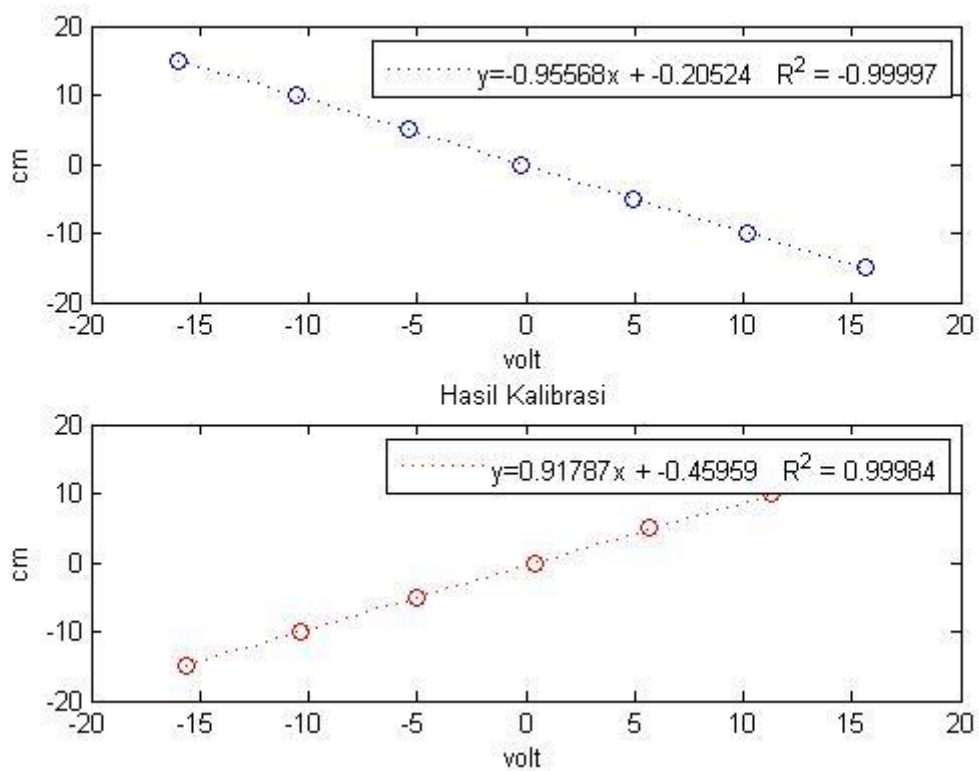
#### 4.3.1 Kalibrasi Wave Probe

Proses kalibrasi *wave probe* dilakukan dengan cara mencatat posisi *zero point* dari *wave probe* kemudian merekam kalibrasinya dengan menaikkan dan menurunkan *wave probe* sejauh masing-masing 5 cm, 10 cm 15 cm dari posisi *zero point*. Setelah proses pencatatan kalibrasi selesai, maka *wave probe* harus dikembalikan pada posisi awal atau *zero point position*. Kalibrasi ini dilakukan untuk mencari hubungan antara perubahan electrode yang tercelup dalam air dengan perubahan voltase yang tercatat dalam *recorder*. Hasil kalibrasi tersebut disajikan dalam Tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.3 Data Hasil Kalibrasi *Wave Probe*

Centimeter	eta 1	eta 2
D4	-15,98	17,12
D3	-10,55	11,262
D2	-5,43	5,69

Centimeter	eta 1	eta 2
0	-0.23	0,377
U2	4,962	-5.034
U3	10,1546	-10,348
U4	15,585	-15,69



Gambar 4.1 Grafik hasil kalibrasi

#### 4.3.2 Pengolahan Data

Data yang di baca oleh *wave probe* yang dibaca oleh komputer mesin pada saat pengujian merupakan format \*TMH dengan besaran volt, yang selanjutnya digunakan sebagai input dalam macro refana dari Microsoft Exel.

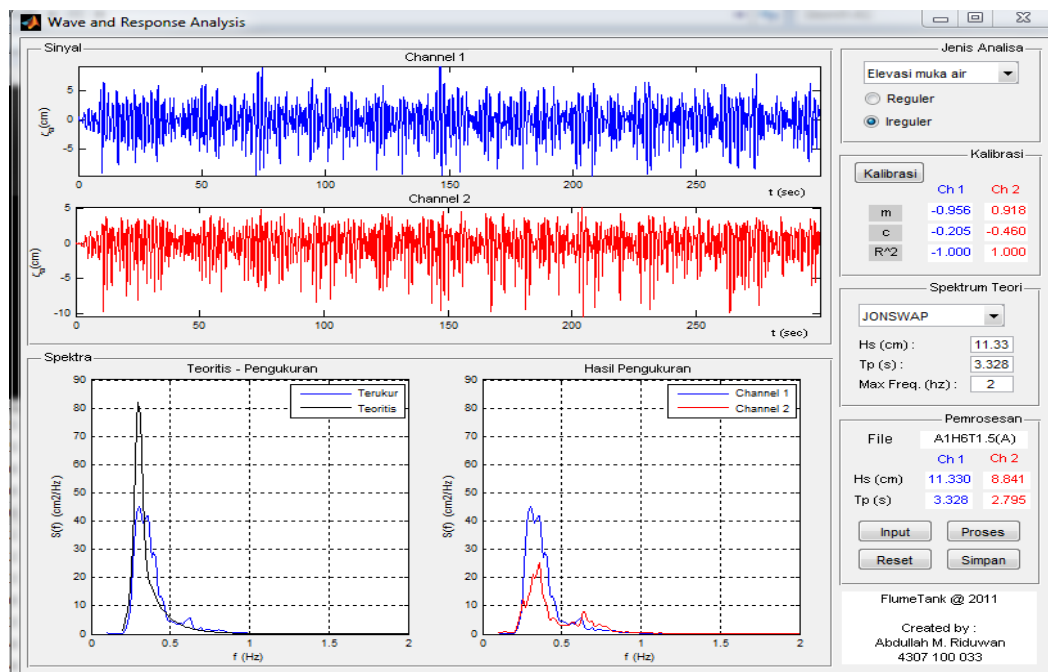
Tabel 4.4 Tampilan hasil refana

T	Eta 1	Eta 2
0,000	0,4806	1,4073
0,040	0,4497	1,4717



T	Eta 1	Eta 2
0,080	0,4806	1,5361
0,120	0,4806	1,5361
0,160	0,4806	1,5683
0,200	0,5733	1,6005
0,240	0,6661	1,6005
0,280	0,6970	1,6005
0,320	0,7279	1,5683

Data yang diperoleh akan berubah ke satuan panjang (cm), untuk memperoleh data  $H_s$  dan  $T$  digunakan *software warelab*



Gambar 4.2 Tampilan *software warelab*

### 4.3.3 Gelombang Tercatat

Gelombang yang dihasilkan oleh pembangkit gelombang akan berbeda dengan tinggi gelombang yang kita input di mesin gelombang, hal ini terjadi karena faktor mesin gelombang yang mungkin sudah tua. Berikut adalah tinggi gelombang yang dihasilkan dari tinggi gelombang yang di input ke mesin gelombang :

Tabel 4.5 Tinggi gelombang tercatat

Tipe Gelombang	Input		Tercatat	
	H input (m)	Periode (T) (s)	Hi (m)	Periode (T) (s)
Irreguler	0,04	1,1	0,07	1,48
	0,04	1,3	0,08	1,57
	0,04	1,5	0,08	1,84
	0,05	1,1	0,09	1,51
	0,05	1,3	0,10	1,54
	0,05	1,5	0,09	1,72
	0,06	1,1	0,10	1,45
	0,06	1,3	0,11	1,55
	0,06	1,5	0,11	1,61
Reguler	0,1	1,1	0,10	2,04
	0,1	1,3	0,11	2,28
	0,1	1,5	0,09	2,10
	0,15	1,1	0,14	2,03
	0,15	1,3	0,14	2,09
	0,15	1,5	0,13	1,72
	0,2	1,1	0,16	1,93
	0,2	1,3	0,17	1,43
	0,2	1,5	0,18	1,65

#### 4.3.4 Perhitungan

##### 4.3.4.1 Panjang Gelombang

Dengan data kedalaman air dan periode gelombang maka dengan metode iterasi akan didapat panjang gelombang  $L$  (Triatmodjo, 1999). Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L = gT^2/2\pi \tanh 2\pi d/L = gT^2/2\pi \tanh kd \quad (4.1)$$

Untuk perhitungan panjang gelombang disajikan dalam tabel 4.3

##### 4.3.4.2 Perhitungan Eenergi Gelombang

Energi total gelombang merupakan jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik disebabkan oleh kecepatan partikel air

sedangkan energi potensial merupakan energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air (Dean and Dalrymple, 1991). Adapun rumusan energi total tiap satu satuan lebar adalah :

$$E = E_p + E_k = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (4.2)$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel perhitungan energi

#### 4.3.4.3 Perhitungan Koefisien Transmisi

Untuk koefisien transmisi gelombang dapat dihitung dengan menggunakan rumusan dibawah ini :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \left( \frac{E_t}{E_i} \right)^{1/2} \quad (4.3)$$

Perhitungan koefisien transmisi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.6 Hasil perhitungan Energi dan Kt Konfigurasi A1

Tipe Gelombang	Hi (m)	Periode (s)	Ht (m)	Periode (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Energi Datang (Joule)	Energi Transmisi (Joule)	Energi Hilang (Joule)	Persen Energi Hilang	Kt
Irregular	0,07	1,48	0,06	1,47	2,35	2,34	15,35	10,75	4,60	29,97	0,84
	0,08	1,57	0,07	1,52	2,54	2,51	17,77	14,59	3,18	17,87	0,91
	0,08	1,84	0,07	1,57	3,06	2,55	21,24	15,27	5,97	28,11	0,93
	0,09	1,51	0,07	1,40	2,48	2,27	24,41	14,93	9,49	38,86	0,82
	0,10	1,54	0,08	1,35	2,54	2,15	28,68	16,60	12,09	42,14	0,83
	0,09	1,72	0,08	1,35	2,82	2,16	31,07	18,78	12,29	39,57	0,89
	0,10	1,45	0,08	1,27	2,31	1,95	29,50	15,17	14,33	48,58	0,78
	0,11	1,55	0,09	1,26	2,56	1,98	37,67	18,39	19,28	51,18	0,80
	0,11	1,61	0,09	1,22	2,61	1,90	40,64	17,90	22,74	55,95	0,78
Reguler	0,10	2,04	0,06	1,93	3,43	3,22	40,84	16,30	24,54	60,09	0,65
	0,11	2,28	0,08	1,96	3,89	3,37	53,45	28,84	24,61	46,04	0,79
	0,09	2,10	0,07	1,72	3,55	2,82	31,71	15,30	16,41	51,74	0,78
	0,14	2,03	0,10	1,80	3,42	3,06	80,07	38,93	41,13	51,37	0,74
	0,14	2,09	0,12	1,44	3,62	2,28	89,51	38,35	51,16	57,16	0,82
	0,13	1,72	0,10	1,59	2,83	2,57	56,84	28,56	28,28	49,75	0,74
	0,16	1,93	0,14	1,27	3,23	1,95	106,09	44,49	61,61	58,07	0,83
	0,17	1,43	0,14	1,05	2,26	1,53	84,10	39,42	44,67	53,12	0,83
	0,18	1,65	0,11	1,02	2,76	1,40	111,73	19,12	92,61	82,89	0,58

Tabel 4.7 Hasil perhitungan Energi dan Kt Konfigurasi A2

Tipe Gelombang	Hi (m)	Periode (s)	Ht (m)	Periode (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Energi Datang (Joule)	Energi Transmisi (Joule)	Energi Hilang (Joule)	Persen Energi Hilang	Kt
Irregular	0,07	1,49	0,06	1,42	2,45	2,31	16,27	10,27	6,00	36,90	0,82
	0,08	1,54	0,06	1,44	2,55	2,29	18,74	11,66	7,07	37,76	0,83
	0,08	1,77	0,07	1,49	3,00	2,37	21,91	13,34	8,57	39,12	0,88
	0,09	1,63	0,07	1,35	2,72	2,15	25,53	12,98	12,56	49,18	0,80
	0,09	1,51	0,08	1,28	2,47	1,98	26,79	13,81	12,98	48,47	0,80
	0,09	1,65	0,08	1,32	2,75	2,05	30,34	15,67	14,67	48,35	0,83
	0,10	1,45	0,08	1,27	2,31	1,95	29,14	14,56	14,58	50,04	0,77
	0,11	1,52	0,09	1,25	2,50	1,95	36,53	18,05	18,47	50,58	0,79
	0,11	1,56	0,09	1,26	2,58	1,93	38,63	18,19	20,44	52,92	0,79
Reguler	0,10	1,97	0,09	1,75	3,38	2,95	39,21	30,35	8,86	22,59	0,94
	0,10	2,21	0,08	1,99	3,75	3,43	47,22	29,38	17,83	37,77	0,83
	0,08	2,00	0,06	1,71	3,37	2,80	28,53	13,89	14,65	51,34	0,77
	0,14	2,06	0,10	1,86	3,56	3,17	81,55	40,13	41,41	50,78	0,74
	0,14	2,21	0,12	1,47	3,75	2,34	94,35	43,02	51,33	54,40	0,86
	0,13	1,89	0,09	1,47	3,22	2,34	67,31	25,53	41,79	62,08	0,72
	0,17	1,83	0,14	1,18	3,03	1,80	109,35	42,31	67,04	61,31	0,81
	0,17	1,45	0,11	1,03	2,31	1,50	77,53	23,13	54,40	70,16	0,68
	0,18	1,66	0,11	1,01	2,78	1,45	114,40	21,05	93,34	81,60	0,59

Tabel 4.8 Hasil perhitungan Energi dan Kt Konfigurasi B1

Tipe Gelombang	Hi (m)	Periode (s)	Ht (m)	Periode (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Energi Datang (Joule)	Energi Transmisi (Joule)	Energi Hilang (Joule)	Persen Energi Hilang	Kt
Irregular	0,07	1,46	0,05	1,20	2,33	1,85	14,34	6,78	7,56	52,71	0,77
	0,08	1,57	0,06	1,18	2,55	1,81	18,12	7,91	10,21	56,36	0,78
	0,08	1,72	0,06	1,22	2,82	1,90	20,32	8,92	11,40	56,09	0,81
	0,09	1,43	0,06	1,13	2,28	1,65	20,95	7,52	13,42	64,08	0,70
	0,09	1,53	0,07	1,14	2,52	1,67	26,65	9,35	17,30	64,91	0,73
	0,10	1,68	0,07	1,15	2,82	1,70	31,44	10,51	20,93	66,57	0,74
	0,10	1,44	0,07	1,11	2,29	1,62	28,71	9,64	19,06	66,40	0,69
	0,11	1,53	0,07	1,10	2,52	1,60	35,09	10,37	24,73	70,46	0,68
	0,11	1,57	0,08	1,11	2,54	1,62	38,43	11,35	27,08	70,46	0,68
Reguler	0,08	1,86	0,06	1,17	3,17	1,79	27,45	7,28	20,17	73,47	0,69
	0,10	2,32	0,08	1,18	4,05	1,80	53,14	15,58	37,56	70,68	0,81

Tipe Gelombang	Hi (m)	Periode (s)	Ht (m)	Periode (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Energi Datang (Joule)	Energi Transmisi (Joule)	Energi Hilang (Joule)	Persen Energi Hilang	Kt
Reguler	0,09	2,07	0,07	1,15	3,57	1,70	35,19	9,52	25,68	72,96	0,75
	0,11	2,05	0,08	1,04	3,44	1,52	50,86	13,36	37,50	73,73	0,77
	0,14	1,98	0,09	1,03	3,39	1,48	78,53	15,44	63,09	80,34	0,67
	0,14	1,82	0,08	1,04	3,01	1,52	69,75	13,33	56,42	80,89	0,62
	0,14	1,89	0,09	1,00	3,23	1,43	75,69	14,56	61,14	80,77	0,66
	0,18	1,46	0,10	1,02	2,31	1,47	88,28	19,01	69,27	78,46	0,58
	0,19	1,66	0,11	1,01	2,77	1,45	122,81	21,48	101,32	82,51	0,58

Tabel 4.9 Hasil perhitungan Energi dan Kt Konfigurasi B2

Tipe Gelombang	Hi (m)	Periode (s)	Ht (m)	Periode (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Energi Datang (Joule)	Energi Transmisi (Joule)	Energi Hilang (Joule)	Persen Energi Hilang	Kt
Irreguler	0,07	1,49	0,05	1,20	2,37	1,85	14,57	6,03	8,55	58,64	0,73
	0,07	1,58	0,06	1,17	2,56	1,78	17,10	7,22	9,88	57,78	0,78
	0,07	1,74	0,06	1,21	2,86	1,54	19,18	6,74	12,43	64,84	0,81
	0,09	1,46	0,06	1,12	2,31	1,63	21,16	6,87	14,30	67,55	0,68
	0,09	1,55	0,06	1,12	2,56	1,63	27,67	8,28	19,39	70,09	0,69
	0,09	1,69	0,07	1,13	2,84	1,66	30,88	9,17	21,71	70,31	0,71
	0,10	1,45	0,06	1,10	2,31	1,60	28,44	7,98	20,46	71,93	0,64
	0,11	1,54	0,07	1,09	2,54	1,58	35,38	9,19	26,19	74,03	0,65
	0,11	1,58	0,07	1,10	2,57	1,60	38,26	10,22	28,03	73,27	0,65
Reguler	0,08	1,88	0,05	1,16	3,21	1,76	25,96	5,30	20,66	79,59	0,61
	0,10	2,34	0,08	1,17	4,09	1,78	54,01	14,04	39,98	74,01	0,77
	0,09	2,09	0,06	1,14	3,62	1,68	33,10	7,38	25,72	77,70	0,69
	0,11	2,07	0,07	1,03	3,56	1,49	51,61	8,99	42,62	82,59	0,64
	0,15	2,00	0,10	1,02	3,43	1,46	89,14	17,02	72,12	80,91	0,67
	0,14	1,84	0,09	1,03	3,05	1,50	68,29	14,85	53,44	78,26	0,67
	0,15	1,91	0,12	0,99	3,20	1,40	84,94	17,19	67,75	79,76	0,68
	0,19	1,48	0,13	1,01	2,35	1,45	101,31	17,76	83,54	82,47	0,53
	0,18	1,68	0,13	1,00	2,82	1,42	112,90	18,89	94,00	83,26	0,58

#### 4.4.5 Peubah Pengujian Transmisi Gelombang

Dari hasil analisa dimensi untuk uji transmisi, peubah prediktator berupa parameter gelombang yang terdiri dari : tinggi gelombang datang (Hi), gelombang transmisi (Ht) dan periode (T) sedangkan untuk parameter struktur

yang digunakan yaitu tinggi struktur ( $h$ ), lebar puncak ( $B$ ) dan kedalaman air ( $d$ ). Untuk tipe peubah respon berupa koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan analisa regresi disajikan dalam tabel 4.4

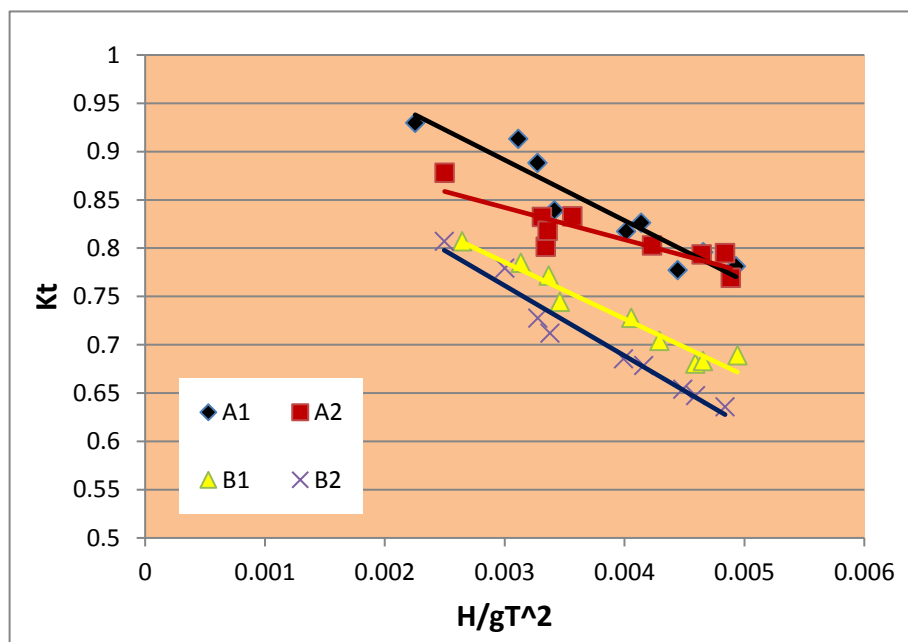
Tabel 4.10 Beberapa peubah dalam analisa regresi pengujian transmisi gelombang

Replikasi Tes	Peubah Respon	Peubah Prediktator			
	Y	X1	X2	X3	X4
1	$K_t$	$H_i/gT^2$	$B/gT^2$	$h/d$	$h/B$

#### 4.3.6 Uji Transmisi Gelombang Irreguler

##### 4.3.6.1 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan *wave steepness*

Pada gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan kemiringan gelomban (*wave steepness*) pada kedalaman yang sama dengan konfigurasi yang berbeda. Konfigurasi A1 dan A2 dengan *freeboard* yang sama (0,23 m) dengan lebar puncak yang berbeda  $B$  (1 m dan 1,25 m), sedangkan konfigurasi B1 dan B2 memiliki nilai *freeboard* yang sama (0,13 m) dengan nilai lebar puncak  $B$  masing-masing (0,75 m dan 1 m).



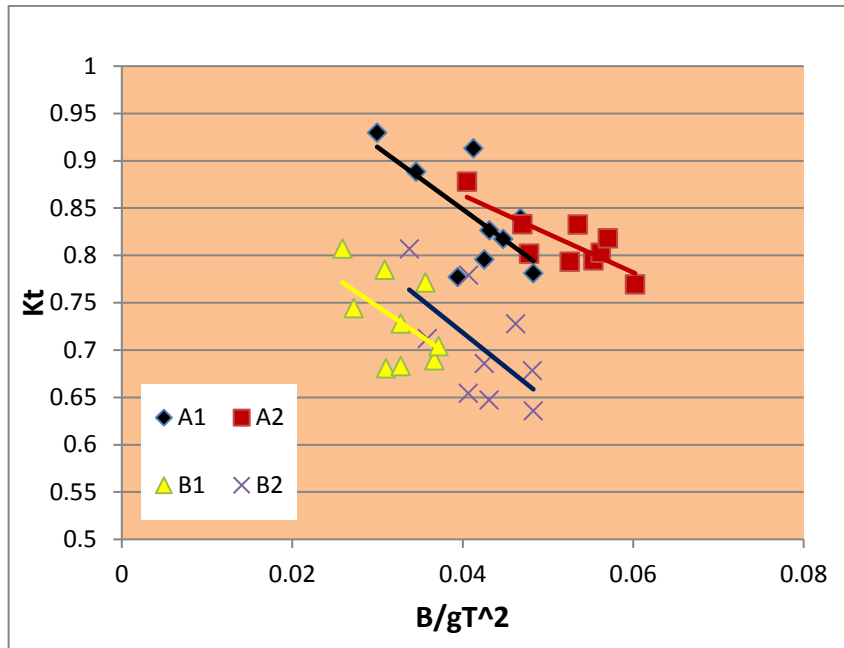
Gambar 4.3 Hubungan transmisi dengan *wave steepness*

Nilai koefisien transmisi berkisar antara 0,78 – 0,93 untuk konfigurasi A1; 0,79 – 0,88 untuk A2; 0,68 – 0,81 untuk B1 dan 0,65 – 0,81 untuk B2. Pada konfigurasi A1 menunjukkan pengaruh peningkatan *wave steepness* yang menghasilkan nilai koefisien transmisi semakin rendah. Hal ini berarti hubungan antara koefisien transmisi dan *wave steepness* yang berbanding terbalik. Dari analisa regresi linier pada konfigurasi A1 menunjukkan korelasi yang tinggi dengan nilai  $R^2 = 0,895$ . Pada konfigurasi A2 dengan lebar puncak 1,25 m dan tinggi struktur 0,1 m menunjukkan grafik dengan semakin besar *wave steepness* maka nilai koefisien transmisi semakin rendah. Korelasi hubungan antar titik dari analisa regresi juga cukup tinggi dengan nilai  $R^2 = 0,773$ .

Hal yang sama terjadi pada konfigurasi B1 dan B2 yang memiliki lebar puncak masing-masing 0,75 m, 1 m dengan tinggi struktur 0,1 m terjadi penurunan nilai koefisien transmisi seiring dengan meningkatnya nilai *wave steepness*. Hubungan keterkaitan antar titik untuk regresi linier dari kedua konfigurasi juga sangat tinggi yaitu dengan nilai  $R^2$  masing-masing 0,953 dan 0,959. Penurunan nilai koefisien transmisi disebabkan oleh semakin besarnya nilai *wave steepness*, semakin besar *wave steepness* menyebabkan gelombang menjadi tidak stabil dan mudah pecah.

#### **4.3.6.2 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Lebar Relatif**

Pada gambar 4.4 menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan lebar relatif pada kedalaman yang sama dengan konfigurasi yang berbeda. Pada konfigurasi A1 dan A2 memiliki perbedaan lebar relatif pada freeboard yang sama, dimana pada konfigurasi A1 memiliki lebar puncak 1 m dan A2 memiliki lebar puncak 1,25 m.



Gambar 4.4 Hubungan transmisi dengan lebar relatif

Nilai koefisien transmisi akibat pengaruh lebar relatif berkisar antara 0,78 – 0,93 untuk  $h/d$  0,3 m dan 0,65 – 0,81 untuk nilai  $h/d$  0,6. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa konfigurasi A2 menghasilkan koefisien transmisi yang lebih kecil daripada konfigurasi A1. Kedua konfigurasi tersebut juga menunjukkan tren yang sama yaitu semakin besar nilai lebar relatif maka semakin kecil nilai koefisien transmisi.

Hal yang sama terjadi pada konfigurasi pada konfigurasi B1 dan B2 yang memilik perbedaan lebar relatif pada *freeboard* yang sama, dimana pada konfigurasi B2 yang memiliki lebar puncak 1 m menghasilkan koefisien transmisi yang lebih kecil daripada konfigurasi B1 memiliki lebar puncak 0,75 m. Kedua konfigurasi tersebut juga menunjukkan tren yang sama yaitu semakin besar nilai lebar relatif maka semakin kecil nilai koefisien transmisi. Semakin besar lebar puncak menyebabkan terjadinya gesekan gelombang dengan struktur meningkat sehingga nilai koefisien transmisi semakin kecil yang menunjukkan reduksi gelombang semakin besar.

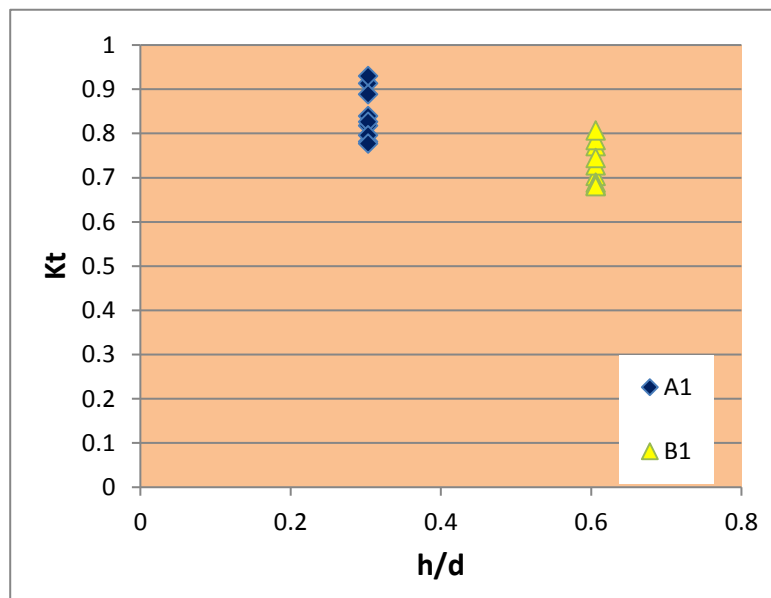
Kecenderungan di atas dapat dijelaskan bahwa partikel orbital gelombang yang melewati struktur *submerged breakwater* akan bergesekan dengan bagian atas struktur *submerged breakwater* sehingga menyebabkan terjadinya reduksi



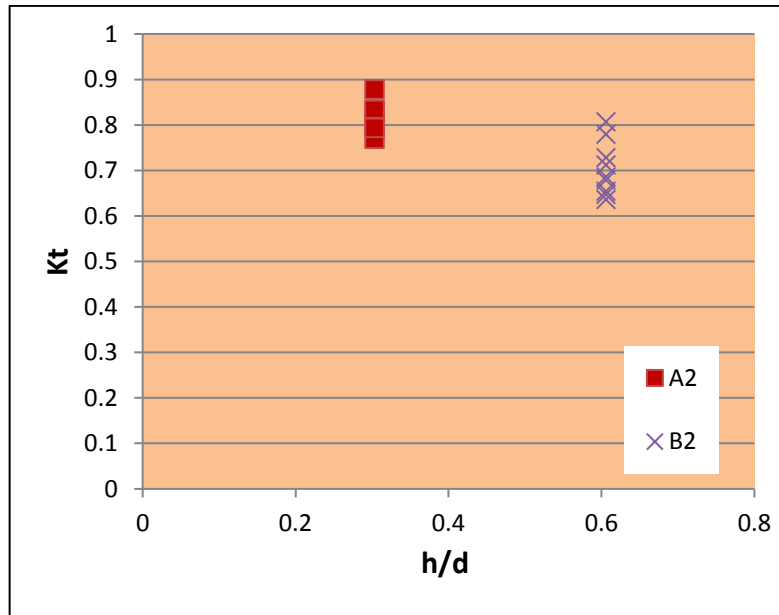
gelombang yang datang, Semakin besar lebar puncak breakwater  $B$  maka daerah gesekan semakin besar sehingga reduksi gelombang juga semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan nilai  $K_t$  yang kecil pada lebar puncak struktur submerged breakwater yang lebar. Pengaruh ini akan terlihat terutama untuk gelombang datang  $H_i$  yang tinggi dengan periode  $T_p$  yang kecil atau kemiringan gelombang (*wave steepness*) yang besar.

#### 4.3.6.3 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Tinggi Susunan

Gambar 4.5 dan 4.6 dibawah ini menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan rasio tinggi susunan pada masing-masing konfigurasi. Konfigurasi A dengan nilai  $h/d$  0,3 dan konfigurasi B memiliki nilai  $h/d$  0,6.



Gambar 4.5 Hubungan transmisi terhadap rasio tinggi susunan A1 dan B1



Gambar 4.6 Hubungan transmisi terhadap rasio tinggi susunan A2 dan B2

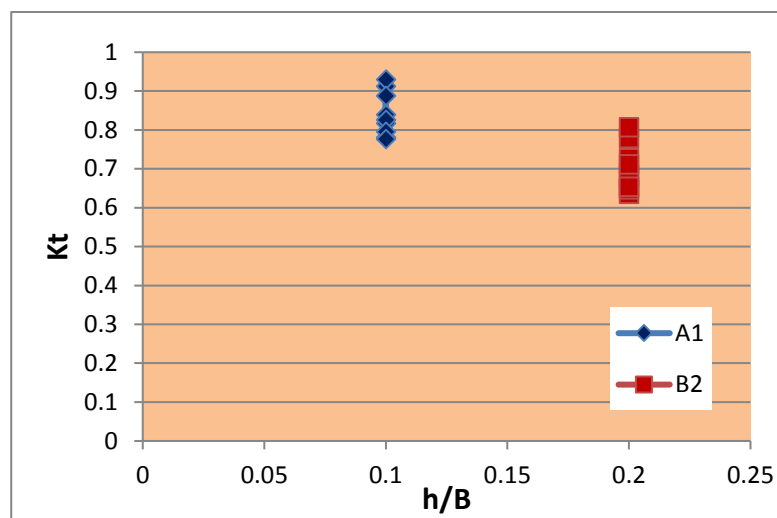
Akibat pengaruh rasio tinggi susunan dengan kedalaman yang semakin besar menyebabkan nilai  $K_t$  yang semakin kecil. Hal ini terjadi akibat pengaruh tinggi *freeboard* 0,23 m pada konfigurasi A1 dan A2 yang menghasilkan nilai  $h/d$  0,3, dimana menghasilkan nilai rentang koefisien transmisi sebesar (0,77 – 0,89). Sedangkan dengan tinggi *freeboard* 0,13 pada konfigurasi B1 dan B2 yang menghasilkan nilai  $h/d$  0,6, dimana menghasilkan nilai koefisien transmisi sebesar (0,63 – 0,8). Berdasarkan rentang nilai koefisien yang dihasilkan dapat dinyatakan konfigurasi A1 dan A2 menghasilkan nilai koefisien yang lebih besar daripada konfigurasi B1 dan B2, dengan kata lain konfigurasi B1 dan B2 lebih baik dalam mereduksi gelombang. Disamping itu dari pengujian yang dilakukan, dapat dinyatakan semakin besar nilai  $h/d$  maka semakin kecil nilai koefisien transmisi, karena luas bidang gesekan antar gelombang dengan struktur semakin meningkat.

Struktur breakwater yang tinggi akan menghadang laju penjaralan gelombang, sehingga gelombang akan dipantulkan, di serap dan sebagian lagi ditransmisikan dibelakang struktur dengan terjadi pengurangan energinya. Semakin tinggi struktur breakwater maka akan semakin besar pula tinggi gelombang yang dapat direduksi sehingga akan memberikan nilai tinggi gelombang transmisi yang relatif kecil yang pada akhirnya memberikan nilai

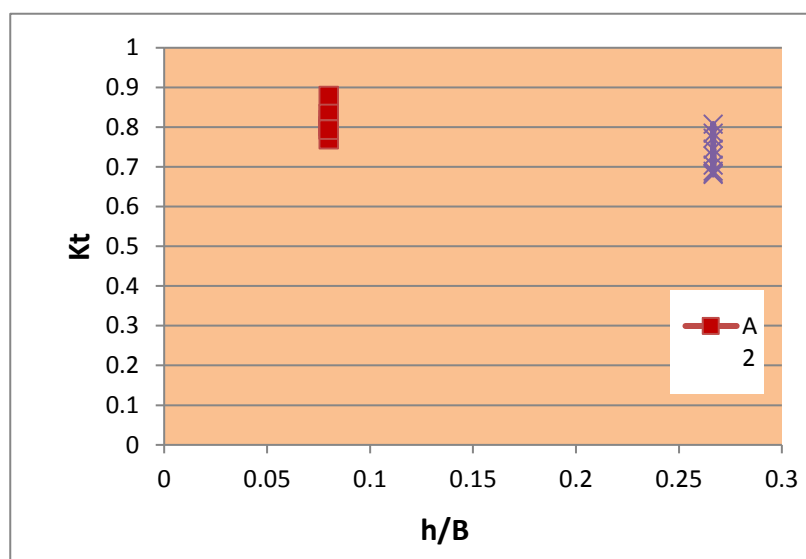
Koefisien transmisi yang kecil. Salah satu parameter keberhasilan kinerja *submerged breakwater* adalah kemampuannya untuk menghasilkan koefisien transmisi yang kecil.

#### 4.3.6.4 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Lebar Susunan

Pada gambar 4.7 dan 4.8 menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan rasio lebar susunan untuk konfigurasi A1 dan B2 dengan lebar puncak yang sama yaitu 1 m sedangkan untuk konfigurasi A2 dan B1 dengan lebar puncak masing-masing 1,25 m dan 0,75 m.



Gambar 4.7 Hubungan transmisi terhadap rasio lebar susunan A1 dan B2



Gambar 4.8 Hubungan transmisi terhadap rasio lebar susunan A2 dan B1

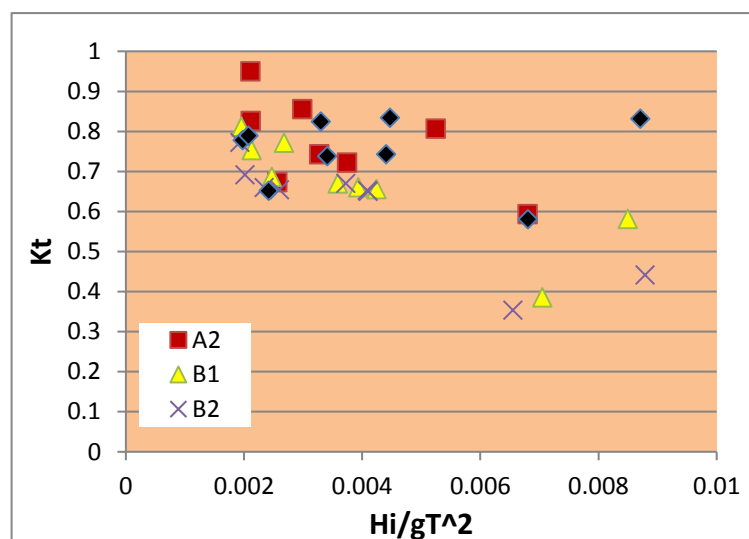
Akibat rasio kedalaman dengan lebar  $h/B$  yang semakin besar menyebabkan penurunan nilai koefisien transmisi, sebaliknya semakin kecil nilai  $h/B$  menyebabkan peningkatan nilai koefisien transmisi. Pada konfigurasi A1 dan B2 memiliki lebar puncak yang sama (1 m) namun konfigurasi A1 menghasilkan nilai koefisien transmisi yang lebih besar dibandingkan konfigurasi B2. Hal ini terjadi akibat  $h/B$  konfigurasi B2 (0,2) lebih besar daripada konfigurasi A1 dengan nilai  $h/B$  (0,1) yang menyebabkan besarnya gesekan antara struktur dengan gelombang menjadi besar.

Hal yang sama terjadi pada konfigurasi A2 dan B1, dimana nilai koefisien transmisi menurun seiring bertambahnya nilai  $h/B$  dan konfigurasi A2 memiliki nilai koefisien transmisi yang lebih besar daripada konfigurasi B1.

#### 4.3.7 Uji Transmisi Gelombang Reguler

##### 4.3.7.1 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan *wave steepness*

Pada dasarnya gelombang yang terjadi di laut merupakan gelombang acak yang sangat sulit digambarkan secara matematis karena ketidaklinierannya, namun untuk mengetahui perbedaan yang dihasilkan peneliti juga melakukan pengujian untuk tipe gelombang yang sangat sederhana yaitu gelombang reguler. Berikut merupakan hasil pengaruh hubungan *wave steepness* terhadap koefisien transmisi pada gelombang reguler.



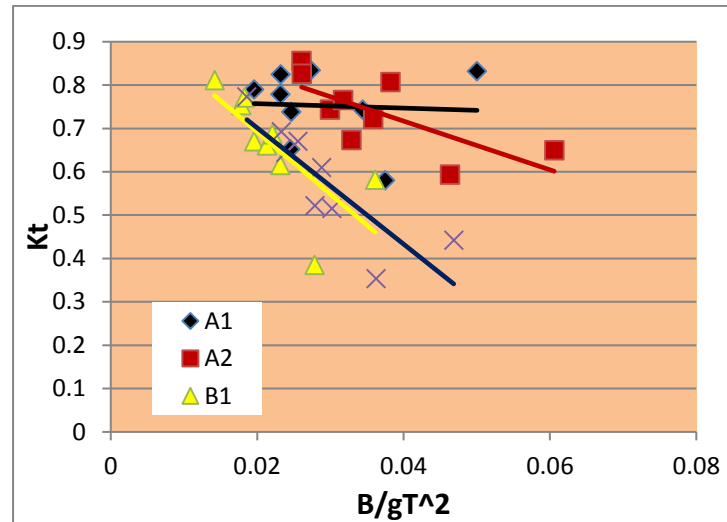
Gambar 4.9 Hubungan transmisi dengan *wave steepness*

Pada gambar 4.9 menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan kemiringan gelombang (*wave steepness*) pada kedalaman yang sama dengan konfigurasi yang berbeda. Pada gelombang reguler ini sebaran data yang dihasilkan tidak menunjukkan *trend* yang bagus namun masih bisa di analisa hubungan antara prediktator dan respon yang dihasilkan. Konfigurasi A1 dengan lebar puncak 1 m dan tinggi struktur 0,1 m menunjukkan pengaruh peningkatan *wave steepness* yang menghasilkan nilai koefisien transmisi semakin rendah. Hal ini berarti hubungan antara koefisien transmisi dan *wave steepness* yang berbanding terbalik. Pada konfigurasi A2 dengan lebar puncak 1,25 m dan tinggi struktur 0,1 m menunjukkan grafik dengan semakin besar *wave steepness* maka nilai koefisien transmisi semakin rendah. Hal yang sama terjadi pada konfigurasi B1 dan B2 yang memiliki lebar puncak masing-masing 0,75 m, 1 m dengan tinggi struktur 0,1 m terjadi penurunan nilai koefisien transmisi seiring dengan meningkatnya nilai *wave steepness*.

Dari semua konfigurasi terlihat ada satu titik yang sangat menyimpang dari sebaran titik-titik lainnya, yaitu pada rentang nilai  $H_i/gT^2$  (0,008 – 0,0089) pada masing-masing konfigurasi. Penurunan nilai koefisien transmisi disebabkan oleh semakin besarnya nilai *wave steepness*, semakin besar *wave steepness* menyebabkan gelombang menjadi tidak stabil dan mudah pecah.

#### **4.3.7.2 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Lebar Relatif**

Pada gambar 4.10 menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan lebar relatif pada kedalaman yang sama dengan konfigurasi yang berbeda. Pada konfigurasi A1 dan A2 memiliki perbedaan lebar relatif pada *freeboard* yang sama, dimana pada konfigurasi A1 memiliki lebar puncak 1 m dan A2 memiliki lebar puncak 1,25 m.



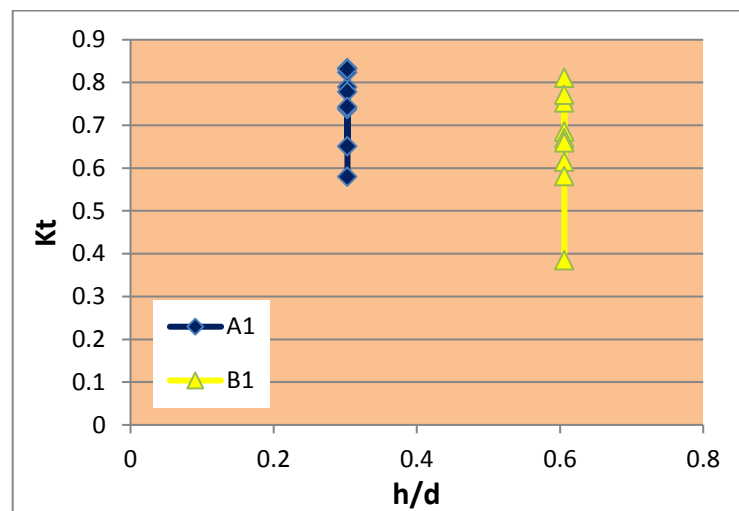
Gambar 4.10 Hubungan transmisi dengan lebar relatif

Untuk konfigurasi A1 terlihat sebaran data menunjukkan trend yang hampir konstan meskipun tetap terjadi penurunan nilai koefisien transmisi setiap bertambahnya nilai  $B/gT^2$ , sedangkan pada konfigurasi A2 terlihat penurunan nilai koefisien transmisi yang signifikan seiring bertambahnya nilai  $B/gT^2$ . Kedua konfigurasi tersebut juga menunjukkan trend yang sama yaitu semakin besar nilai lebar relatif maka semakin kecil nilai koefisien transmisi. Dari pengujian ini dapat dikatakan konfigurasi A2 menghasilkan koefisien transmisi yang lebih kecil daripada konfigurasi A1, dalam hal ini berarti konfigurasi A2 lebih baik dalam meredam gelombang.

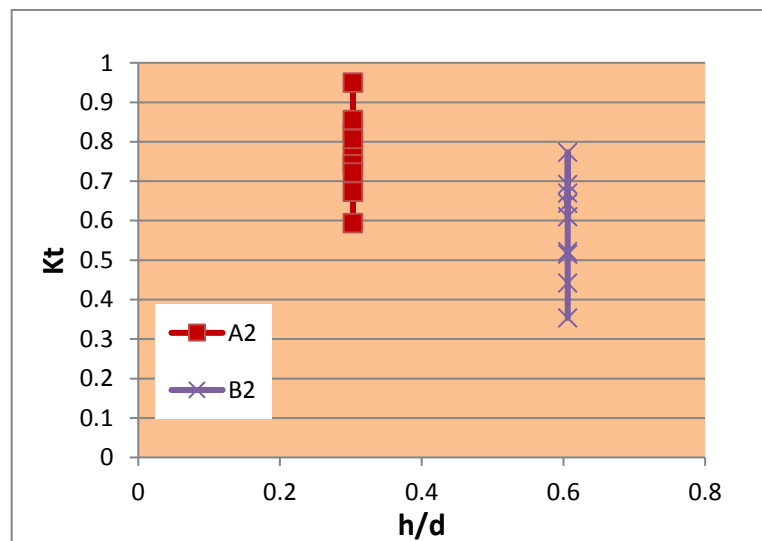
Hal yang sama terjadi pada konfigurasi pada konfigurasi B1 dan B2 yang memiliki perbedaan lebar relatif pada *freeboard* yang sama, dimana pada konfigurasi B2 yang memiliki lebar puncak 1 m menghasilkan koefisien transmisi yang lebih kecil daripada konfigurasi B1 memiliki lebar puncak 0,75 m. Kedua konfigurasi tersebut juga menunjukkan tren yang sama yaitu semakin besar nilai lebar relatif maka semakin kecil nilai koefisien transmisi. Semakin besar lebar puncak menyebabkan terjadinya gesekan gelombang dengan struktur meningkat sehingga nilai koefisien transmisi semakin kecil yang menunjukkan reduksi gelombang semakin besar.

#### 4.3.7.3 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Tinggi Susunan

Pada gambar 4.11 dan 4.12 menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan rasio tinggi susunan. Akibat pengaruh rasio tinggi susunan dengan kedalaman yang semakin besar menyebabkan nilai  $K_t$  yang semakin kecil. Hal ini terjadi akibat pengaruh tinggi *freeboard* 0,23 m pada konfigurasi A1 dan A2 yang menghasilkan nilai  $h/d$  0,3, dimana menghasilkan nilai rentang koefisien transmisi sebesar (0,58 – 0,95). Sedangkan dengan tinggi *freeboard* 0,13 pada konfigurasi B1 dan B2 yang menghasilkan nilai  $h/d$  0,6, dimana menghasilkan nilai koefisien transmisi sebesar (0,4 – 0,81).



Gambar 4.11 Hubungan transmisi terhadap rasio tinggi susunan A1 dan B1

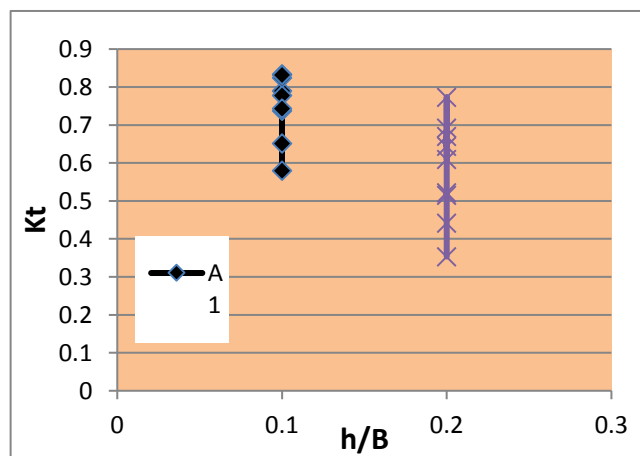


Gambar 4.12 Hubungan transmisi terhadap rasio tinggi susunan A2 dan B2

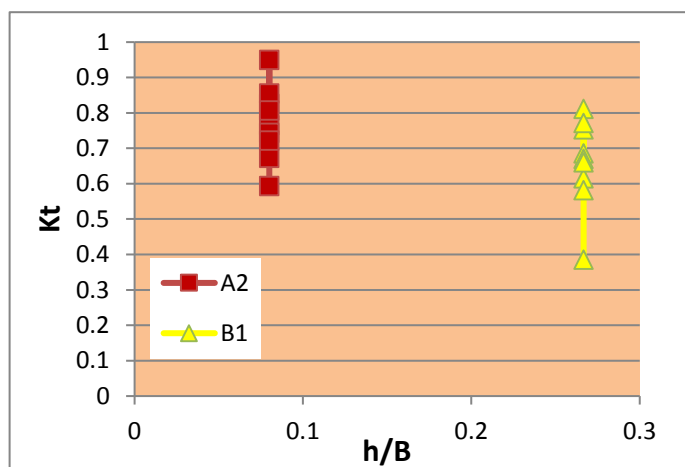
Berdasarkan rentang nilai koefisien yang dihasilkan dapat dinyatakan konfigurasi A1 dan A2 menghasilkan nilai koefisien yang lebih besar daripada konfigurasi B1 dan B2, dengan kata lain konfigurasi B1 dan B2 lebih baik dalam mereduksi gelombang. Disamping itu dari pengujian yang dilakukan, dapat dinyatakan semakin besar nilai  $h/d$  maka semakin kecil nilai koefisien transmisi karena luas bidang gesekan antar gelombang dengan struktur semakin meningkat.

#### 4.3.7.4 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Lebar Susunan

Pada gambar 4.13 dan 4.14 menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan rasio lebar susunan untuk konfigurasi A1 dan B2 dengan lebar puncak yang sama yaitu 1 m sedangkan untuk konfigurasi A2 dan B1 dengan lebar puncak masing-masing 1,25 m dan 0,75 m.



Gambar 4.13 Hubungan transmisi terhadap rasio lebar susunan A1 dan B2



Gambar 4.14 Hubungan transmisi terhadap rasio lebar susunan A2 dan B1

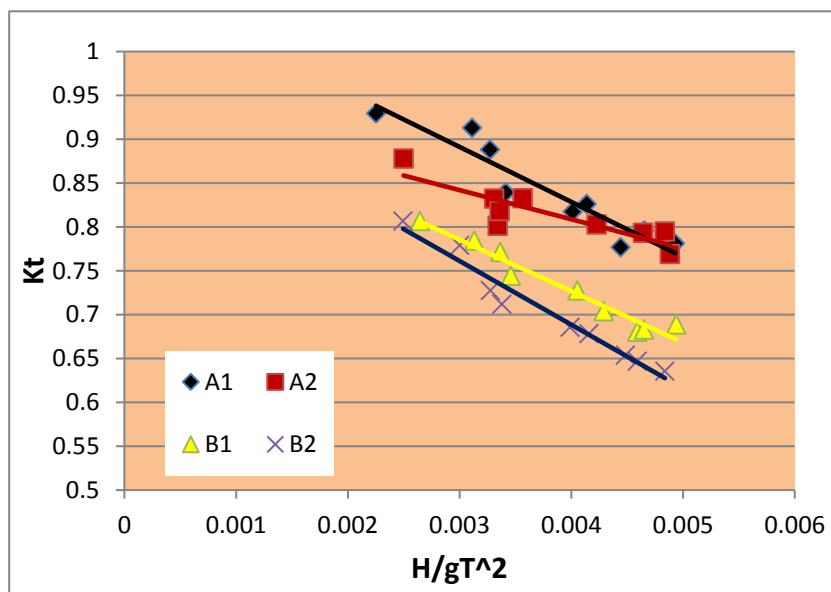


Akibat rasio kedalaman dengan lebar  $h/B$  yang semakin besar menyebabkan penurunan nilai koefisien transmisi, sebaliknya semakin kecil nilai  $h/B$  menyebabkan peningkatan nilai koefisien transmisi. Pada konfigurasi A1 dan B2 memiliki lebar puncak yang sama (1 m) namun konfigurasi A1 menghasilkan nilai koefisien transmisi yang lebih besar dibandingkan konfigurasi B2. Hal ini terjadi akibat  $h/B$  konfigurasi B2 (0,2) lebih besar daripada konfigurasi A1 dengan nilai  $h/B$  (0,1) yang menyebabkan besarnya gesekan antara struktur dengan gelombang menjadi besar.

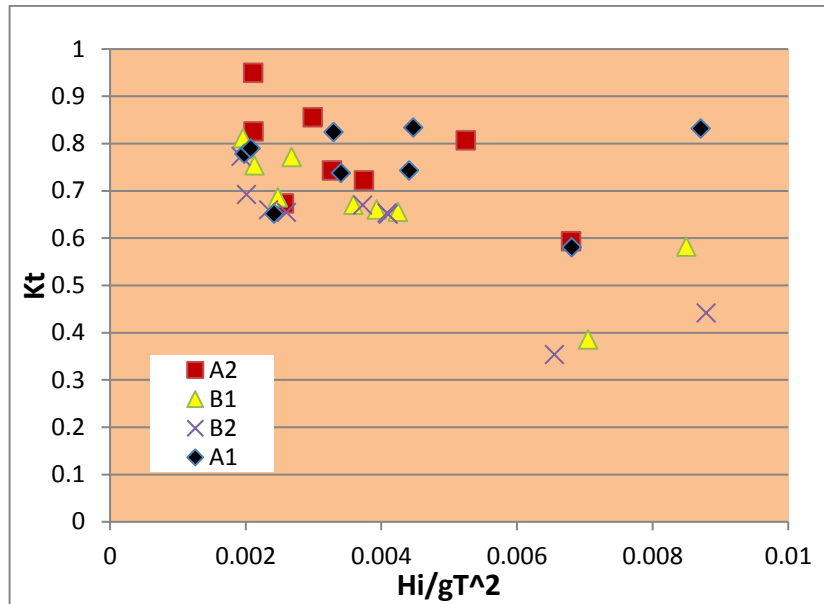
Hal yang sama terjadi pada konfigurasi A2 dan B1, dimana nilai koefisien transmisi menurun seiring bertambahnya nilai  $h/B$  dan konfigurasi A2 memiliki nilai koefisien transmisi yang lebih besar daripada konfigurasi B1.

#### 4.3.8 Perbandingan Antara Gelombang Irreguler Dengan Gelombang Reguler

Gambar 4.15 dan 4.16 dibawah ini merupakan perbandingan hubungan *wave steepness* dengan nilai koefisien transmisi yang dihasilkan antara gelombang reguler dengan gelombang irreguler. Dari kedua grafik dibawah ini dibandingkan nilai *wave steepness* yang sama terhadap nilai koefisien transmisi yang dihasilkan.



Gambar 4.15 Hubungan transmisi terhadap *wave steepness* gelombang irreguler



Gambar 4.16 Hubungan transmisi terhadap *wave steepness* gelombang reguler

Pada rentang nilai *wave steepness* yang sama (0,002 – 0,005) dapat dilihat perbedaan rentang nilai koefisien yang di hasilkan. Untuk gelombang irreguler menghasilkan rentang nilai koefisien transmisi sebesar (0,63 – 0,9 ), sedangkan untuk gelombang reguler menghasilkan rentang nilai koefisien transmisi sebesar (0,65 – 0,94). Untuk gelombang reguler nilai koefisien transmisi yang dihasilkan tidak menunjukkan trend yang bagus atau dalam kata lain sebaran data yang dihasilkan acak, tidak seperti pada gelombang irreguler yang menunjukkan trend yang bagus. Dari penelitian ini dapat dinyatakan gelombang reguler menghasilkan rentang nilai koefisien yang lebih besar daripada gelombang reguler, dengan demikian konfigurasi-konfigurasi hexareef lebih baik peredaman gelombang pada tipe gelombang irreguler.

#### 4.4 Pembahasan

Dari analisa data yang dilakukan pada gelombang reguler maupun irreguler nilai koefisien transmisi dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti *wave steepness* ( $H_i/gT^2$ ), lebar puncak relatif ( $B/gT^2$ ), rasio tinggi susunan ( $h/d$ ), dan rasio lebar susunan ( $h/B$ ). Nilai koefisien transmisi menurun seiring meningkatnya *wave steepnes*, hal ini terjadi akibat semakin tingginya *wave steepnes* menyebabkan gelombang tidak stabil dan mudah pecah. Pada lebar

puncak relatif hal demikian pun terjadi, nilai koefisien transmisi menurun seiring bertambahnya nilai lebar relatif. Semakin lebar puncak struktur maka semakin baik dalam mereduksi gelombang, hal ini dapat dijelaskan bahwa partikel orbital gelombang yang melewati struktur *submerged breakwater* akan bergesekan dengan bagian atas struktur *submerged breakwater* sehingga menyebabkan terjadinya reduksi gelombang yang datang, Semakin besar lebar puncak breakwater  $B$  maka daerah gesekan semakin besar sehingga reduksi gelombang juga semakin besar.

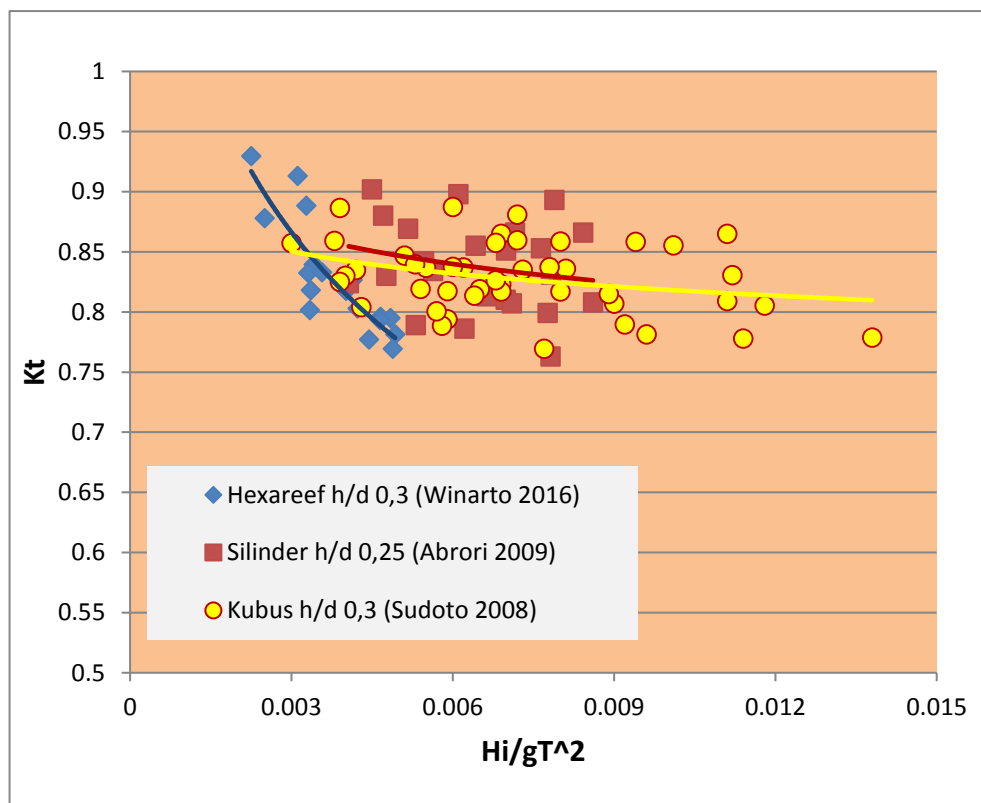
Terkait dengan pengaruh susunan atau konfigurasi struktur rasio tinggi susunan sangat berpengaruh terhadap nilai koefisien yang dihasilkan, dimana koefisien transmisi cenderung meneurun seiring bertambahnya nilai rasio tinggi susunan. Semakin tinggi struktur dan semakin dekat pula jarak dengan permukaan air maka semakin baik dalam mereduksi gelombang. Struktur breakwater yang tinggi akan menghadang laju penjaralan gelombang, sehingga gelombang akan dipantulkan, di serap dan sebagian lagi ditransmisikan dibelakang struktur dengan terjadi pengurangan energinya. Selain itu dari analisa sebelumnya juga dapat dilihat bahwa nilai koefisien transmisi cenderung menurun seiring meningkatnya nilai rasio lebar susunan. jadi semakin tinggi dan lebar suatu struktur maka semakin baik dalam mereduksi gelombang.

Berdasarkan keempat parameter tersebut ternyata konfigurasi yang menghasilkan rentang nilai koefisien yang paling kecil yaitu pada konfigurasi B2, dimana konfigurasi yang memiliki nilai  $h/d$ ,  $B/gT^2$ , dan  $h/B$  lebih besar dari konfigurasi yang lainnya. Selain itu salah satu parameter keberhasilan kinerja *submerged breakwater* adalah kemampuannya untuk menghasilkan koefisien transmisi yang kecil.

Selain dari koefisien transmisi keberhasilan kinerja *submerged breakwater* juga dapat dilihat dari besarnya energi yang tereduksi atau energi yang hilang. Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan ternyata konfigurasi yang paling baik dalam mereduksi gelombang yaitu pada konfigurasi B2, dimana energi terbesar yang berhasil tereduksi yaitu sebesar 73,27 % untuk gelombang irreguler dan 83,26 % untuk gelombang reguler.

Pada penelitian ini penulis menggunakan dua tipe gelombang yaitu gelombang irreguler dan reguler. Dari hasil penelitian ternyata tipe gelombang juga berpengaruh pada kinerja *submerged breakwater* tersebut, dimana pada rentang nilai *wave steepness* yang sama gelombang irreguler menghasilkan nilai koefisien yang lebih kecil daripada gelombang reguler. dengan demikian konfigurasi-konfigurasi hexareef lebih baik peredaman gelombang pada tipe gelombang irreguler.

Selanjutnya untuk mengetahui seberapa efektif terumbu karang buatan bentuk hexagonal maka perlu adanya pembandingan dengan bentuk lainnya yang sudah dilakukan penelitian sebelumnya. Gambar 4.17 dan 4.18 dibawah ini merupakan perbandingan antara bentuk hexareef (Winarto, 2016), silinder berongga (Abrori, 2009) dan kubus (Sudoto, 2008) dengan beberapa parameter berikut sebagai pembandingan.



Gambar 4.17 Perbandingan pengaruh wave steepness terhadap  $K_t$  Hexareef (Winarto, 2016), bottlereef (Abrori, 2009) dan Kubus (Sudoto, 2008)

Hasil pengujian menunjukkan tren yang sama antara model kubus, model silinder berlubang dan model hexareef, dimana koefisien transmisi gelombang cenderung meningkat dengan berkurangnya wave steepness sebaliknya koefisien transmisi menurun dengan bertambahnya wave steepness.

Perbedaannya terletak pada nilai  $K_t$  yang dihasilkan, untuk rentang nilai *wave steepness* 0,003 – 0,005 bentuk hexareef menghasilkan nilai  $K_t$  berkisar antara 0,78 – 0,88 sedangkan untuk bentuk kubus dan silinder menghasilkan nilai  $K_t$  berturut-turut sebesar 0,85 – 0,86 dan 0,82 – 0,87. Dengan demikian dapat dikatakan hexareef menghasilkan nilai  $K_t$  yang lebih kecil dibandingkan dengan bentuk kubus dan silinder. Hal ini berarti bentuk hexareef lebih bagus dalam meredam gelombang dibandingkan bentuk silinder.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Energi terbesar yang berhasil tereduksi pada terumbu buatan bentuk hexagonal yaitu 74% untuk gelombang irreguler dan 83,26 % untuk gelombang reguler.
2. Nilai koefisien transmisi terkecil yang dihasilkan pada terumbu buatan bentuk hexagonal yaitu 0,63 untuk gelombang irreguler dan 0,53 untuk gelombang reguler.
3. Berdasarkan parameter yang dianalisa yaitu semakin tinggi nilai ( $H/gT^2$ ,  $B/gT^2$ ,  $h/d$ ,  $h/B$ ) semakin baik dalam mereduksi gelombang maka konfigurasi B2 memiliki kinerja yang paling baik.
4. Dari hasil perbandingan dengan bentuk silinder (Abrori, 2009), kubus (Sudoto, 2008) bentuk hexareef menghasilkan nilai koefisien transmisi yang lebih kecil untuk rentang nilai *wave steepness* 0,003 – 0,005.

#### 5.2 Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Lakukan penelitian dengan variasi kedalaman, nilai  $h/d$  di perbanyak
2. Lakukan penelitian dengan variasi lubang
3. Perlu dilakukan analisa spektrum
4. Perlu dilakukan perhitungan refleksi gelombang

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



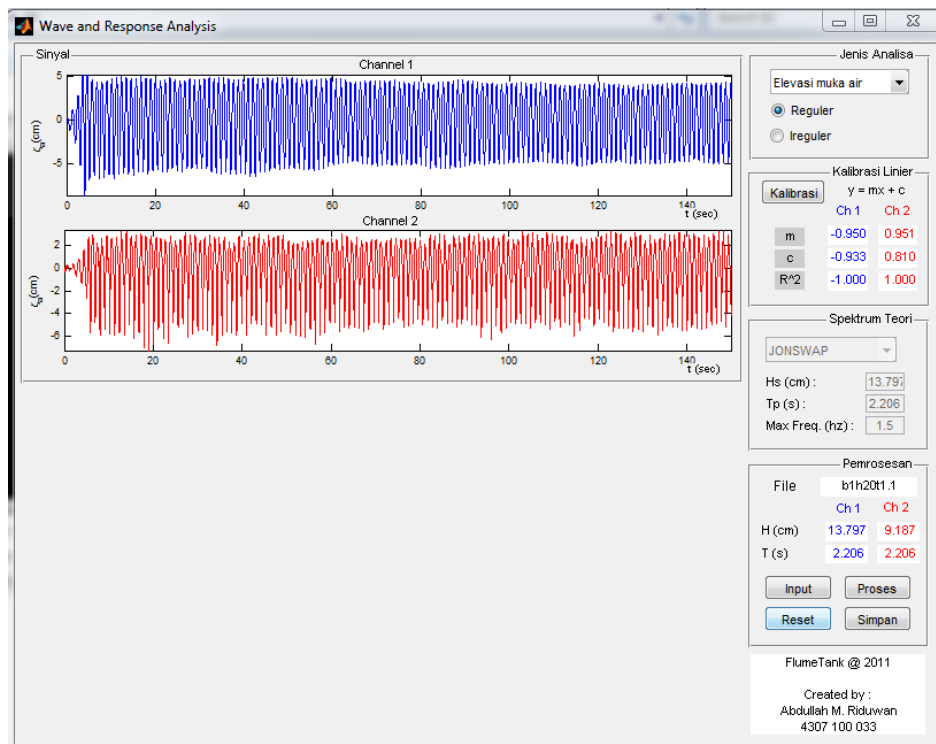
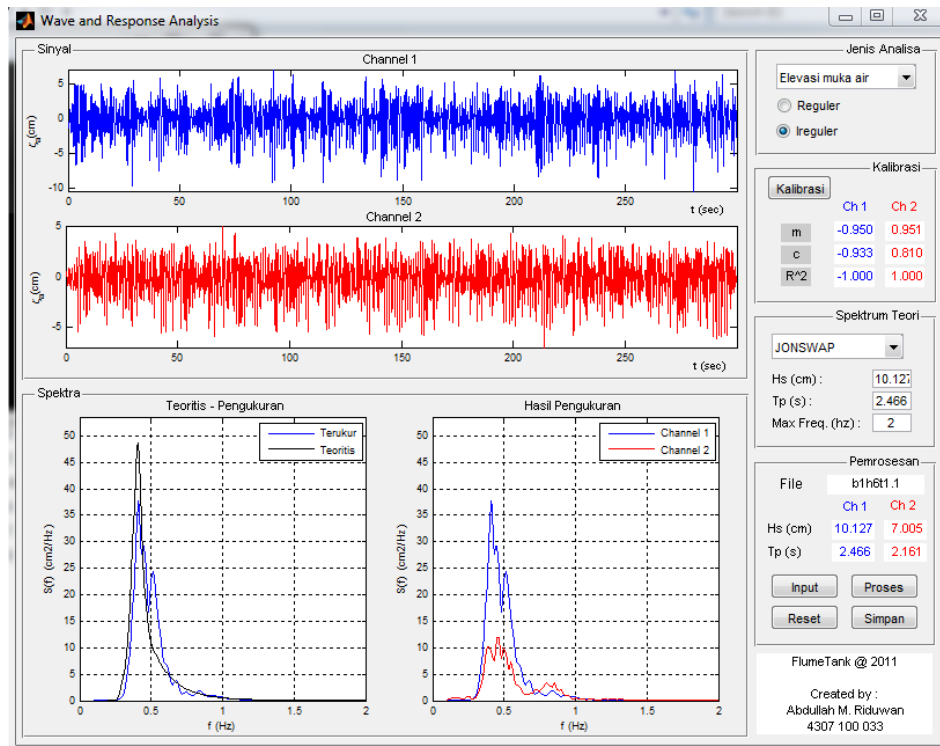
## DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, Zuhron., Armono, H.D., Zikra, Muhammad. 2009. “Pengaruh Freeboard Terumbu Karang Buatan Bentuk Silinder Berongga Sebagai Breakwater Terbenam Dalam Mereduksi Gelombang”. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah, 2009.
- Akhwady, Rudhy., Mukhtasor., Armono, H.D., Musta'in, Mahmud. 2012. “Pengaruh Beda Porositas Terumbu Buatan Bentuk Silinder Berongga (Bottle Reef ) Sebagai Submerged Breakwater Terhadap Kinerja Peredaman Gelombang”. Jurnal Kelautan Nasional Vol 17 No 2 Juni, Balitbang KKP RI.
- Akhwady, Rudhy., Mukhtasor., Armono, H.D., Musta'in, Mahmud. 2013. “Pengaruh Gelombang Reguler Dan Irreguler Terhadap Koefisien Transmisi Peredam Gelombang Ambang Terbenam Tipe Silinder Berongga (Bottle Reef )”. Jurnal Kelautan Nasional Vol 3 No 3 April, Balitbang KKP RI.
- Armono, H D., Hall, K.R. 2003. “Wave Transmission On Submerged Breakwaters Made Of Hollow Hemhisperical Shape Artificial Reefs”. Coastal, Estuary and Offshore Engineering Specially Conference of The Canadian Society for Civil Engineering.
- Armono, H.D., (2004). “Wave Transmission over Hemispherical Shape Artificial Reefs”. Marine Technology Conference (MARTEC), Johor Baru, Malaysia.
- Bhattacharya. 1992. “Dynamic of Marine Vehicle”. a Whiley Interscience Publication, John Whiley & Sons, New York.
- Buccino, Mariano., Vita, Ilaria Del., Calabrese, Mario. 2013. “Predicting Wave Transmission Past Reef Ball™ Submerged”. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 65, 2013.
- CERC. 1984. “Shore Protection Manual”. Department of The Army Waterway Experiment Station, Corps of Engineering Research Center, Fourth Edition, US Government Printing Office, Washington.
- Fatnanta, Fery. 2013. “Permodelan Koefisien Gelombang Transmisi Pada Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam”. Jurnal Teknik Sipil Volume 12, No. 3, Oktober 2013: 210–220.
- Hughes, S.A. 1993. “ Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering”. Coastal Engineering Research Center, USA.
- Lee, P.C., W.K. Ker, & J.R. You. 2003. Wave Field With Submerged Porous Breakwater. J. Chinese Institute of Engineers., 26(3): 333-342.

- Putra, Arya Okvan Pradana, and Haryo Dwito Armono. "Pengaruh Elevasi Muka Air Laut Pada Koefisien Transmisi dan Refleksi Composite Breakwater." *Jurnal Teknik ITS* 2.1 (2013): G47-G51.
- Sakka, M. Purba, I.W. Nurjaya, H. Pawitan, dan V.P. Siregar. 2011. Studi perubahan garis pantai di delta sungai Jeneberang, Makassar. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*: 3(2):112-126.
- Sidek, F.J. & M.A. Wahab. 2007. "The Effects of Porosity of Submerged BW Structures on Non Breaking Wave Transformations". *Malay. J. Civ. Eng.*, 19(1): 17–25.
- Solihuddin, T. 2010. Morfodinamika delta Cimanuk, Jawa Barat berdasarkan analisis citra landsat. *J. Ilmiah.Geomatika*, 16(1):77-85.
- Sudoto. (2008). "Karakteristik Transmisi Gelombang Yang Melalui Susunan Terumbu Buatan Bentuk Kubus Berongga Sebagai Submerged Breakwater". Tesis, Institut Teknologi SepuluhNopember, Surabaya.
- Triadmodjo, Bambang. 1999. "Teknik Pantai". Beta Offset. Yogyakarta.

## Lampiran 1

### Tampilan Software Warelab



## Lampiran 2

### Tabulasi Data Gelombang Irreguler

Konfigurasi	Input		Tercatat						Energi	Energi	Energi	Persen	Kt
	H input (m)	Periode (T) (s)	Hi (m)	Periode (T) (s)	Ht (m)	Periode (T) (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Datang (Joule)	Transmisi (Joule)	Hilang (Joule)	Energi Hilang	
A1	0,04	1,10	0,07	1,48	0,06	1,47	2,35	2,34	15,35	10,75	4,60	29,97	0,84
	0,04	1,30	0,08	1,57	0,07	1,52	2,54	2,51	17,77	14,59	3,18	17,87	0,91
	0,04	1,50	0,08	1,84	0,07	1,57	3,06	2,55	21,24	15,27	5,97	28,11	0,93
	0,05	1,10	0,09	1,51	0,07	1,40	2,48	2,27	24,41	14,93	9,49	38,86	0,82
	0,05	1,30	0,10	1,54	0,08	1,35	2,54	2,15	28,68	16,60	12,09	42,14	0,83
	0,05	1,50	0,09	1,72	0,08	1,35	2,82	2,16	31,07	18,78	12,29	39,57	0,89
	0,06	1,10	0,10	1,45	0,08	1,27	2,31	1,95	29,50	15,17	14,33	48,58	0,78
	0,06	1,30	0,11	1,55	0,09	1,26	2,56	1,98	37,67	18,39	19,28	51,18	0,80
	0,06	1,50	0,11	1,61	0,09	1,22	2,61	1,90	40,64	17,90	22,74	55,95	0,78
A2	0,04	1,10	0,07	1,49	0,06	1,42	2,45	2,31	16,27	10,27	6,00	36,90	0,82
	0,04	1,30	0,08	1,54	0,06	1,44	2,55	2,29	18,74	11,66	7,07	37,76	0,83
	0,04	1,50	0,08	1,77	0,07	1,49	3,00	2,37	21,91	13,34	8,57	39,12	0,88
	0,05	1,10	0,09	1,63	0,07	1,35	2,72	2,15	25,53	12,98	12,56	49,18	0,80
	0,05	1,30	0,09	1,51	0,08	1,28	2,47	1,98	26,79	13,81	12,98	48,47	0,80
	0,05	1,50	0,09	1,65	0,08	1,32	2,75	2,05	30,34	15,67	14,67	48,35	0,83
	0,06	1,10	0,10	1,45	0,08	1,27	2,31	1,95	29,14	14,56	14,58	50,04	0,77
	0,06	1,30	0,11	1,52	0,09	1,25	2,50	1,95	36,53	18,05	18,47	50,58	0,79
	0,06	1,50	0,11	1,56	0,09	1,26	2,58	1,93	38,63	18,19	20,44	52,92	0,79

Konfigurasi	Input		Tercatat						Energi	Energi	Energi	Persen	Kt
	H input (m)	Periode (T) (s)	Hi (m)	Periode (T) (s)	Ht (m)	Periode (T) (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Datang (Joule)	Transmisi (Joule)	Hilang (Joule)	Energi Hilang	
B1	0,04	1,10	0,07	1,46	0,05	1,20	2,33	1,85	14,34	6,78	7,56	52,71	0,77
	0,04	1,30	0,08	1,57	0,06	1,18	2,55	1,81	18,12	7,91	10,21	56,36	0,78
	0,04	1,50	0,08	1,72	0,06	1,22	2,82	1,90	20,32	8,92	11,40	56,09	0,81
	0,05	1,10	0,09	1,43	0,06	1,13	2,28	1,65	20,95	7,52	13,42	64,08	0,70
	0,05	1,30	0,09	1,53	0,07	1,14	2,52	1,67	26,65	9,35	17,30	64,91	0,73
	0,05	1,50	0,10	1,68	0,07	1,15	2,82	1,70	31,44	10,51	20,93	66,57	0,74
	0,06	1,10	0,10	1,44	0,07	1,11	2,29	1,62	28,71	9,64	19,06	66,40	0,69
	0,06	1,30	0,11	1,53	0,07	1,10	2,52	1,60	35,09	10,37	24,73	70,46	0,68
	0,06	1,50	0,11	1,57	0,08	1,11	2,54	1,62	38,43	11,35	27,08	70,46	0,68
B2	0,04	1,10	0,07	1,49	0,05	1,20	2,37	1,85	14,57	6,03	8,55	58,64	0,73
	0,04	1,30	0,07	1,58	0,06	1,17	2,56	1,78	17,10	7,22	9,88	57,78	0,78
	0,04	1,50	0,07	1,74	0,06	1,21	2,86	1,54	19,18	6,74	12,43	64,84	0,81
	0,05	1,10	0,09	1,46	0,06	1,12	2,31	1,63	21,16	6,87	14,30	67,55	0,68
	0,05	1,30	0,09	1,55	0,06	1,12	2,56	1,63	27,67	8,28	19,39	70,09	0,69
	0,05	1,50	0,09	1,69	0,07	1,13	2,84	1,66	30,88	9,17	21,71	70,31	0,71
	0,06	1,10	0,10	1,45	0,06	1,10	2,31	1,60	28,44	7,98	20,46	71,93	0,64
	0,06	1,30	0,11	1,54	0,07	1,09	2,54	1,58	35,38	9,19	26,19	74,03	0,65
	0,06	1,50	0,11	1,58	0,07	1,10	2,57	1,60	38,26	10,22	28,03	73,27	0,65

Konfigurasi	Hi (m)	Ht (m)	Kt	Hi/gT <sup>2</sup>	B	d	h	F	B/gT <sup>2</sup>	h/d	h/B
A1	0,07	0,06	0,84	0,0034	1,00	0,33	0,10	0,23	0,05	0,30	0,10
	0,08	0,07	0,91	0,0031	1,00	0,33	0,10	0,23	0,04	0,30	0,10
	0,08	0,07	0,93	0,0023	1,00	0,33	0,10	0,23	0,03	0,30	0,10
	0,09	0,07	0,82	0,0040	1,00	0,33	0,10	0,23	0,04	0,30	0,10
	0,10	0,08	0,83	0,0041	1,00	0,33	0,10	0,23	0,04	0,30	0,10
	0,09	0,08	0,89	0,0033	1,00	0,33	0,10	0,23	0,03	0,30	0,10
	0,10	0,08	0,78	0,0049	1,00	0,33	0,10	0,23	0,05	0,30	0,10
	0,11	0,09	0,80	0,0047	1,00	0,33	0,10	0,23	0,04	0,30	0,10
	0,11	0,09	0,78	0,0044	1,00	0,33	0,10	0,23	0,04	0,30	0,10
A2	0,07	0,06	0,82	0,0034	1,25	0,33	0,10	0,23	0,06	0,30	0,08
	0,08	0,06	0,83	0,0033	1,25	0,33	0,10	0,23	0,05	0,30	0,08
	0,08	0,07	0,88	0,0025	1,25	0,33	0,10	0,23	0,04	0,30	0,08
	0,09	0,07	0,80	0,0033	1,25	0,33	0,10	0,23	0,05	0,30	0,08
	0,09	0,08	0,80	0,0042	1,25	0,33	0,10	0,23	0,06	0,30	0,08
	0,09	0,08	0,83	0,0036	1,25	0,33	0,10	0,23	0,05	0,30	0,08
	0,10	0,08	0,77	0,0049	1,25	0,33	0,10	0,23	0,06	0,30	0,08
	0,11	0,09	0,79	0,0048	1,25	0,33	0,10	0,23	0,06	0,30	0,08
	0,11	0,09	0,79	0,0046	1,25	0,33	0,10	0,23	0,05	0,30	0,08

Konfigurasi	Hi (m)	Ht (m)	Kt	Hi/gT <sup>2</sup>	B	d	h	F	B/gT <sup>2</sup>	h/d	h/B
<b>B1</b>	0,07	0,05	0,77	0,0034	0,75	0,33	0,20	0,13	0,036	0,61	0,27
	0,08	0,06	0,78	0,0031	0,75	0,33	0,20	0,13	0,031	0,61	0,27
	0,08	0,06	0,81	0,0026	0,75	0,33	0,20	0,13	0,026	0,61	0,27
	0,09	0,06	0,70	0,0043	0,75	0,33	0,20	0,13	0,037	0,61	0,27
	0,09	0,07	0,73	0,0041	0,75	0,33	0,20	0,13	0,033	0,61	0,27
	0,10	0,07	0,74	0,0035	0,75	0,33	0,20	0,13	0,027	0,61	0,27
	0,10	0,07	0,69	0,0049	0,75	0,33	0,20	0,13	0,037	0,61	0,27
	0,11	0,07	0,68	0,0047	0,75	0,33	0,20	0,13	0,033	0,61	0,27
	0,11	0,08	0,68	0,0046	0,75	0,33	0,20	0,13	0,031	0,61	0,27
<b>B2</b>	0,07	0,05	0,73	0,0033	1,00	0,33	0,20	0,13	0,046	0,61	0,20
	0,07	0,06	0,78	0,0030	1,00	0,33	0,20	0,13	0,041	0,61	0,20
	0,07	0,06	0,81	0,0025	1,00	0,33	0,20	0,13	0,034	0,61	0,20
	0,09	0,06	0,68	0,0042	1,00	0,33	0,20	0,13	0,048	0,61	0,20
	0,09	0,06	0,69	0,0040	1,00	0,33	0,20	0,13	0,043	0,61	0,20
	0,09	0,07	0,71	0,0034	1,00	0,33	0,20	0,13	0,036	0,61	0,20
	0,10	0,06	0,64	0,0048	1,00	0,33	0,20	0,13	0,048	0,61	0,20
	0,11	0,07	0,65	0,0046	1,00	0,33	0,20	0,13	0,043	0,61	0,20
	0,11	0,07	0,65	0,0045	1,00	0,33	0,20	0,13	0,041	0,61	0,20

### Lampiran 3

#### Tabulasi Data Gelombang Reguler

Konfigurasi	Input		Tercatat						Energi	Energi	Energi	Persen	Kt
	H input (m)	Periode (T) (s)	Hi (m)	Periode (T) (s)	Ht (m)	Periode (T) (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Datang (Joule)	Transmisi (Joule)	Hilang (Joule)	Energi Hilang	
A1	0,10	1,10	0,10	2,04	0,06	1,93	3,43	3,22	40,84	16,30	24,54	60,09	0,65
	0,10	1,30	0,11	2,28	0,08	1,96	3,89	3,37	53,45	28,84	24,61	46,04	0,79
	0,10	1,50	0,09	2,10	0,07	1,72	3,55	2,82	31,71	15,30	16,41	51,74	0,78
	0,15	1,10	0,14	2,03	0,10	1,80	3,42	3,06	80,07	38,93	41,13	51,37	0,74
	0,15	1,30	0,14	2,09	0,12	1,44	3,62	2,28	89,51	38,35	51,16	57,16	0,82
	0,15	1,50	0,13	1,72	0,10	1,59	2,83	2,57	56,84	28,56	28,28	49,75	0,74
	0,20	1,10	0,16	1,93	0,14	1,27	3,23	1,95	106,09	44,49	61,61	58,07	0,83
	0,20	1,30	0,17	1,43	0,14	1,05	2,26	1,53	84,10	39,42	44,67	53,12	0,83
	0,20	1,50	0,18	1,65	0,11	1,02	2,76	1,40	111,73	19,12	92,61	82,89	0,58
A2	0,10	1,10	0,10	1,97	0,09	1,75	3,38	2,95	39,21	30,35	8,86	22,59	0,94
	0,10	1,30	0,10	2,21	0,08	1,99	3,75	3,43	47,22	29,38	17,83	37,77	0,83
	0,10	1,50	0,08	2,00	0,06	1,71	3,37	2,80	28,53	13,89	14,65	51,34	0,77
	0,15	1,10	0,14	2,06	0,10	1,86	3,56	3,17	81,55	40,13	41,41	50,78	0,74
	0,15	1,30	0,14	2,21	0,12	1,47	3,75	2,34	94,35	43,02	51,33	54,40	0,86
	0,15	1,50	0,13	1,89	0,09	1,47	3,22	2,34	67,31	25,53	41,79	62,08	0,72
	0,20	1,10	0,17	1,83	0,14	1,18	3,03	1,80	109,35	42,31	67,04	61,31	0,81
	0,20	1,30	0,17	1,45	0,11	1,03	2,31	1,50	77,53	23,13	54,40	70,16	0,68
	0,20	1,50	0,18	1,66	0,11	1,01	2,78	1,45	114,40	21,05	93,34	81,60	0,59



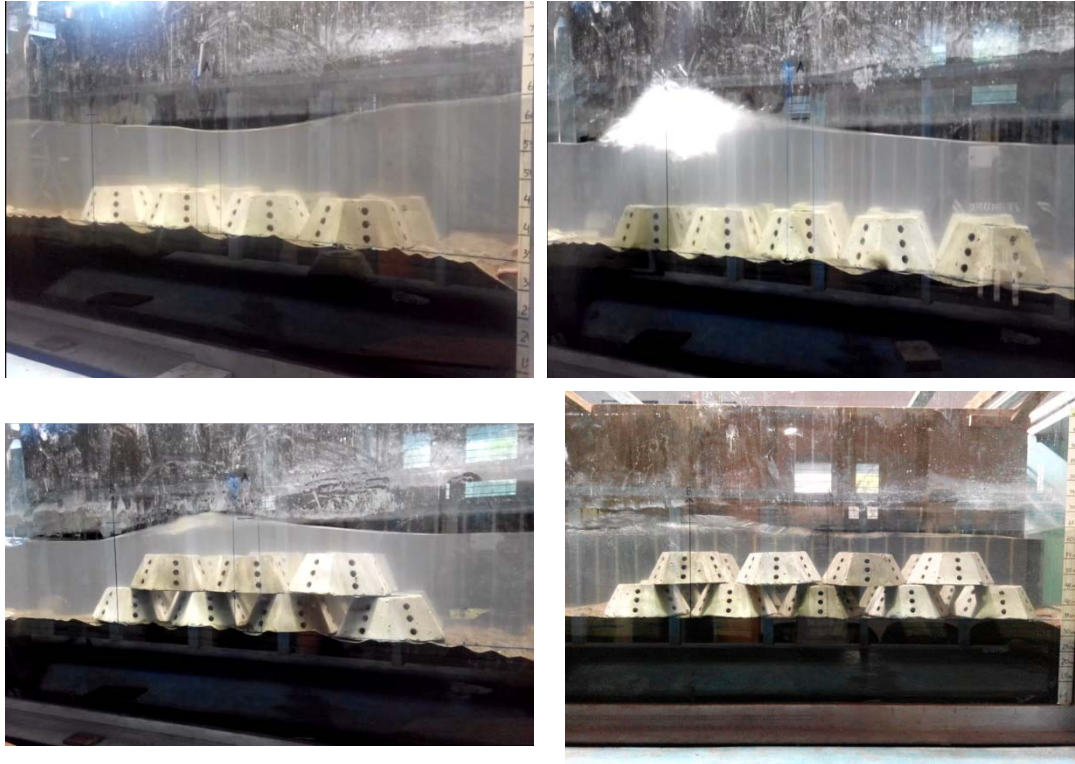
Konfigurasi	Input		Tercatat						Energi	Energi	Energi	Persen	Kt
	H input (m)	Periode (T) (s)	Hi (m)	Periode (T) (s)	Ht (m)	Periode (T) (s)	L Datang (m)	L Transmisi (m)	Datang (Joule)	Transmisi (Joule)	Hilang (Joule)	Energi Hilang	
B1	0,10	1,10	0,08	1,86	0,06	1,17	3,17	1,79	27,45	7,28	20,17	73,47	0,69
	0,10	1,30	0,10	2,32	0,08	1,18	4,05	1,80	53,14	15,58	37,56	70,68	0,81
	0,10	1,50	0,09	2,07	0,07	1,15	3,57	1,70	35,19	9,52	25,68	72,96	0,75
	0,15	1,10	0,11	2,05	0,08	1,04	3,44	1,52	50,86	13,36	37,50	73,73	0,77
	0,15	1,30	0,14	1,98	0,09	1,03	3,39	1,48	78,53	15,44	63,09	80,34	0,67
	0,15	1,50	0,14	1,82	0,08	1,04	3,01	1,52	69,75	13,33	56,42	80,89	0,62
	0,20	1,10	0,14	1,89	0,09	1,00	3,23	1,43	75,69	14,56	61,14	80,77	0,66
	0,20	1,30	0,18	1,46	0,10	1,02	2,31	1,47	88,28	19,01	69,27	78,46	0,58
	0,20	1,50	0,19	1,66	0,11	1,01	2,78	1,45	122,81	21,48	101,32	82,51	0,58
B2	0,10	1,10	0,08	1,88	0,05	1,16	3,21	1,76	25,96	5,30	20,66	79,59	0,61
	0,10	1,30	0,10	2,34	0,08	1,17	4,09	1,78	54,01	14,04	39,98	74,01	0,77
	0,10	1,50	0,09	2,09	0,06	1,14	3,62	1,68	33,10	7,38	25,72	77,70	0,69
	0,15	1,10	0,11	2,07	0,07	1,03	3,56	1,49	51,61	8,99	42,62	82,59	0,64
	0,15	1,30	0,15	2,00	0,10	1,02	3,43	1,46	89,14	17,02	72,12	80,91	0,67
	0,15	1,50	0,14	1,84	0,09	1,03	3,05	1,50	68,29	14,85	53,44	78,26	0,67
	0,20	1,10	0,15	1,91	0,08	0,99	3,20	1,40	84,94	17,19	67,75	79,76	0,68
	0,20	1,30	0,19	1,48	0,08	1,01	2,35	1,45	101,31	17,76	83,54	82,47	0,53
	0,20	1,50	0,18	1,68	0,06	1,00	2,82	1,42	112,90	18,89	94,00	83,26	0,58

Konfigurasi	Hi (m)	Ht (m)	Kt	Hi/gT^2	B	d	h	F	B/gT^2	h/d	h/B
A1	0,10	0,06	0,65	0,0024	1,00	0,33	0,10	0,23	0,025	0,30	0,10
	0,11	0,08	0,79	0,0021	1,00	0,33	0,10	0,23	0,020	0,30	0,10
	0,09	0,07	0,78	0,0020	1,00	0,33	0,10	0,23	0,023	0,30	0,10
	0,14	0,10	0,74	0,0034	1,00	0,33	0,10	0,23	0,025	0,30	0,10
	0,14	0,12	0,82	0,0033	1,00	0,33	0,10	0,23	0,023	0,30	0,10
	0,13	0,10	0,74	0,0044	1,00	0,33	0,10	0,23	0,034	0,30	0,10
	0,16	0,14	0,83	0,0045	1,00	0,33	0,10	0,23	0,027	0,30	0,10
	0,17	0,14	0,83	0,0087	1,00	0,33	0,10	0,23	0,050	0,30	0,10
	0,18	0,11	0,58	0,0068	1,00	0,33	0,10	0,23	0,037	0,30	0,10
A2	0,10	0,07	0,94	0,0026	1,25	0,33	0,10	0,23	0,033	0,30	0,08
	0,10	0,08	0,83	0,0021	1,25	0,33	0,10	0,23	0,026	0,30	0,08
	0,08	0,06	0,77	0,0021	1,25	0,33	0,10	0,23	0,032	0,30	0,08
	0,14	0,10	0,74	0,0033	1,25	0,33	0,10	0,23	0,030	0,30	0,08
	0,14	0,12	0,86	0,0030	1,25	0,33	0,10	0,23	0,026	0,30	0,08
	0,13	0,09	0,72	0,0037	1,25	0,33	0,10	0,23	0,036	0,30	0,08
	0,17	0,14	0,81	0,0052	1,25	0,33	0,10	0,23	0,038	0,30	0,08
	0,17	0,16	0,68	0,0080	1,25	0,33	0,10	0,23	0,061	0,30	0,08
	0,18	0,11	0,59	0,0068	1,25	0,33	0,10	0,23	0,046	0,30	0,08

Konfigurasi	Hi (m)	Ht (m)	Kt	Hi/gT^2	B	d	h	F	B/gT^2	h/d	h/B
<b>B1</b>	0,08	0,06	0,69	0,0025	0,75	0,33	0,20	0,13	0,022	0,61	0,27
	0,10	0,08	0,81	0,0020	0,75	0,33	0,20	0,13	0,014	0,61	0,27
	0,09	0,07	0,75	0,0021	0,75	0,33	0,20	0,13	0,018	0,61	0,27
	0,11	0,08	0,77	0,0027	0,75	0,33	0,20	0,13	0,018	0,61	0,27
	0,14	0,09	0,67	0,0036	0,75	0,33	0,20	0,13	0,020	0,61	0,27
	0,14	0,08	0,62	0,0042	0,75	0,33	0,20	0,13	0,023	0,61	0,27
	0,14	0,09	0,66	0,0039	0,75	0,33	0,20	0,13	0,021	0,61	0,27
	0,18	0,10	0,58	0,0085	0,75	0,33	0,20	0,13	0,036	0,61	0,27
	0,19	0,07	0,39	0,0070	0,75	0,33	0,20	0,13	0,028	0,61	0,27
<b>B2</b>	0,08	0,05	0,61	0,0023	1,00	0,33	0,20	0,13	0,029	0,61	0,20
	0,10	0,08	0,77	0,0019	1,00	0,33	0,20	0,13	0,019	0,61	0,20
	0,09	0,06	0,69	0,0020	1,00	0,33	0,20	0,13	0,023	0,61	0,20
	0,11	0,07	0,64	0,0026	1,00	0,33	0,20	0,13	0,024	0,61	0,20
	0,15	0,10	0,67	0,0037	1,00	0,33	0,20	0,13	0,026	0,61	0,20
	0,14	0,07	0,52	0,0041	1,00	0,33	0,20	0,13	0,030	0,61	0,20
	0,15	0,08	0,52	0,0041	1,00	0,33	0,20	0,13	0,028	0,61	0,20
	0,19	0,08	0,44	0,0088	1,00	0,33	0,20	0,13	0,047	0,61	0,20
	0,18	0,06	0,35	0,0066	1,00	0,33	0,20	0,13	0,036	0,61	0,20

### **Lampiran 3**

#### **Dokumentasi**



**Penataan Terumbu Buatan**



**Proses Mencetak Model**

## BIODATA PENULIS



**Aris Winarto** lahir di Sidoarjo pada tanggal 09 November 1993 dari pasangan Tarjo dan Samiati. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar pada SDN 1 Tambak Rejo pada tahun 2006. Pendidikan menengah diperoleh penulis dari SMP Negeri 1 Krembung (2006-2009) dan SMA Negeri 1 Krembung (2009-2012). Setelah lulus pendidikan menengah, penulis berkesempatan melanjutkan studi di Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN undangan dan terdaftar dengan NRP 4312 100 019. Selama kuliah, penulis aktif dalam organisasi mahasiswa jurusan yaitu Himatekla, aktif dalam Unit Kegiatan Mahasiswa Maritime Challenge, serta aktif dalam kegiatan-kegiatan di kampus lainnya.